

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年6月24日 (24.06.2004)

PCT

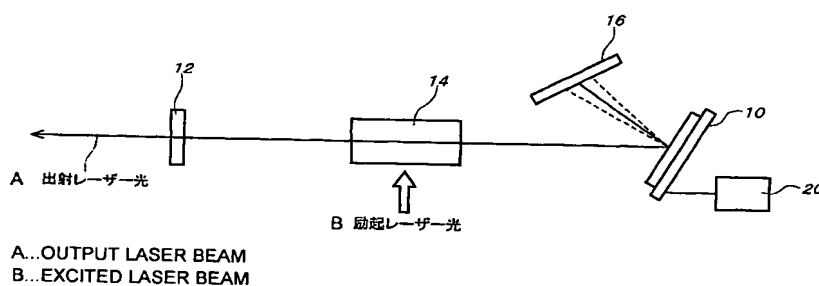
(10) 国際公開番号  
WO 2004/054052 A1

- (51) 国際特許分類: H01S 3/105  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015742  
(22) 国際出願日: 2003年12月9日 (09.12.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願 2002-357900  
2002年12月10日 (10.12.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人理化学研究所 (RIKEN) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県和光市広沢2番1号 Saitama (JP). 株式会社メガオプト (MEGAOPTO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒351-0114 埼玉県和光市本町1-5-8-307 Saitama (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 赤川 和幸 (AKAGAWA, Kazuyuki) [JP/JP]; 〒351-0114 埼玉県和光市本町1-5-8-307 株式会社メガオプト内 Saitama (JP). 和田 智之 (WADA, Satoshi) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県和光市広沢2番1号 独立行政法人理化学研究所内 Saitama (JP).  
(74) 代理人: 上島 淳一 (UESHIMA, Junichi); 〒171-0021 東京都豊島区西池袋1-5-11-404 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): CN, US.

[続葉有]

(54) Title: LASER DEVICE AND WAVELENGTH SELECTING METHOD IN LASER DEVICE

(54) 発明の名称: レーザー装置およびレーザー装置における波長選択方法



an active change to it, a laser medium (14) disposed in the laser resonator, and a dispersion element (16) for receiving an output light from the laser medium.

(57) Abstract: A stable wavelength selecting action is realized by controlling a laser wavelength to permit a fast wavelength sweeping without mechanically turning a heavy-mass member. A laser device comprising a laser resonator including a mirror (12) having a specified transparency and an adaptive optics (10) provided with a mirror capable of controlling the reflection angle and wave front of a reflection light and allowing an incident light to reflect by applying

(57) 要約:

質量の重い部材を機械的に回転することなしに、レーザー波長を制御して高速に波長を掃引できるようにして、安定した波長選択作用を実現することができるようにする。所定の透過性を有するミラー(12)と、反射光の反射角度や波面を制御することができ、入射光に対してアクティブに変化を加えて反射させるミラーを備えるアダプティブオプティックス(10)とを有して構成されるレーザー共振器と、レーザー共振器内に配設されたレーザー媒質(14)と、レーザー媒質からの出射光が入射される分散素子(16)とを有する。

WO 2004/054052 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

## レーザー装置およびレーザー装置における波長選択方法

## 5 技術分野

本発明は、レーザー装置およびレーザー装置における波長選択方法に関し、さらに詳細には、レーザー発振波長を高速にかつ信頼性高く制御することのできるレーザー装置およびレーザー装置における波長選択方法に関する。

## 10 背景技術

従来、波長可変レーザーを所望な波長でレーザー発振させるための波長選択方法として、レーザー媒質を収容したレーザー共振器内に、グレーティング（回折格子）や複屈折フィルターやプリズムなどの素子を配設するか、あるいは、これら素子とともにガルバノ付ミラーを配設し、精密回転マウントを手動またはモーターにより回転させて、グレーティング（回折格子）や複屈折フィルターやプリズムなどの素子かまたはガルバノ付ミラーを機械的に回転することにより、レーザー媒質から出射される出射光の中から所望の波長の出射光のみを取り出し、取り出した出射光をレーザー媒質に対して反射させて増幅してレーザー発振を生ぜしめ、レーザー共振器から所望の波長のレーザー光のみを出射させるようにした波長選択方法が知られている（例えば、日本特開平 7-263779 号公報（図 1～図 3）参照）。

しかしながら、上記したような従来の波長選択方法を用いた場合においては、レーザー共振器内に配設されたグレーティングや複屈折フィルターやプリズムなどの素子自体を機械的に回転するため、精密回転マウントを手動またはモーターにより回転させているので、これら素子の回転速度が制限されてしまっていた。

- 5 また、ガルバノ付ミラーを機械的に回転させる場合には、制御する角度にもよるが、早くとも数百Hz程度でしか回転できなかった。このように、従来の技術においては、波長可変速度を速くすることが困難であるという問題点があった。

- また、上記した従来の波長選択方法においては、グレーティングや複屈折フィルターやプリズムなどの素子、または、ガルバノ付ミラーを機械的に回転させる  
10 ので、これら質量の重い部材の回転によってぶれが生じてしまい、波長選択の精度が良くないという問題点があった。

さらに、従来の波長選択方法において精密回転マウントを用いた場合には、ギヤによるバックラッシュなどにより角度を精密に制御できない恐れがあり、波長再現精度が良くないという問題点もあった。

15

- 本発明は、上記したような従来の技術の有する種々の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、質量の重い部材を機械的に回転することなしに、レーザー波長を制御して高速に波長を掃引できるようにして、安定した波長選択作用を実現することができるようにした、レーザー装置およびレーザー  
20 装置における波長選択方法を提供しようとするものである。

## 発明の開示

上記目的を達成するために、本発明におけるレーザー装置およびレーザー装置における波長選択方法は、グレーティングや複屈折フィルターやプリズムなどの素子、あるいは、ガルバノ付ミラーのような質量の重い部材を機械的に回転させる従来の手法とはまったく異なる観点からなされたものである。

即ち、本発明は、反射させる光の反射角度や波面を制御することができるなどのように、アダプティブオプティクス (adaptive optics) が入射される光に対してアクティブに変化を加えて反射させることができる点に着目して、当該アダプティブオプティクスをレーザー装置に用いるようにしたものである。

従って、上記目的を達成するために、本発明は、所定の透過性を有するミラーとアダプティブオプティクスとを有して構成されるレーザー共振器と、上記レーザー共振器内に配設されたレーザー媒質と、上記レーザー媒質からの出射光が入射される分散素子とを有するようにしたものである。

また、本発明は、レーザー共振器内に配設された所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質と、上記レーザー媒質からの出射光が入射されるミラーを有するアダプティブオプティクスと、上記アダプティブオプティクスの上記ミラーによって反射された光が入射されるグレーティングと、上記グレーティングの回折光が上記アダプティブオプティクスの上記ミラーによって反射されて入射されるように配置された所定の透過性を有するミラーとを有するようにしたものである。

また、本発明は、レーザー共振器内に配設された所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質と、上記レーザー媒質からの出射光が入射されるグレーティングと、上記グレーティングの回折光が入射されるミラーを有するアダプティブオプティクスと、上記アダプティブオプティクスの上記ミラーによって反射された光が上記グレーティングによって回折されて入射されるように配置された所定の透過性を有するミラーとを有するようにしたものである。

また、本発明は、レーザー共振器内に配設された所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質と、上記レーザー媒質からの出射光が入射されるプリズムと、上記プリズムによって分光された光が入射されるミラーを有するアダプティブオプティクスと、上記アダプティブオプティクスの上記ミラーによって反射された光が入射されるように配置された所定の透過率を有するミラーとを有するようにしたものである。

また、本発明は、レーザー共振器内に配設された所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質と、上記レーザー媒質からの出射光が入射されるミラーを有する第1のアダプティブオプティクスと、上記第1のアダプティブオプティクスのミラーによって反射された光が入射される複屈折フィルターと、上記複屈折フィルターを透過した光が入射されるミラーを有する第2のアダプティブオプティクスと、上記第2のアダプティブオプティクスの上記ミラーによって反射された光が入射されるように配置された所定の透過率を有するミラーとを有するようにしたものである。

また、本発明は、一方の端面の反射が防止され他方の端面が全反射可能となさ

れたレーザーダイオードチップと、上記レーザーダイオードチップの上記一方の端面からの出射光が入射されるグレーティングと、上記グレーティングの回折光が入射されるミラーを有するアダプティブオプティクスとを有するようにしたものである。

- 5      また、本発明においては、上記アダプティブオプティクスは、トラッキングミラーまたはディフォーマブルミラーのいずれかであるようにしてもよい。

また、本発明は、所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質からの出射光を、グレーティングから所定の波長の1次回折光がアダプティブオプティクスのミラーに入射するようにして、上記アダプティブオプティクスのミ  
10      ラーによって反射して上記グレーティングに入射させ、上記グレーティングによって回折され上記アダプティブオプティクスのミラーに入射された波長の光を、レーザー共振器内を往復させることによりレーザー発振させて出力させるようにしたものである。

また、本発明は、所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質  
15      からの出射光をグレーティングに入射させ、上記グレーティングによって回折された所定の波長の1次回折光をアダプティブオプティクスのミラーに垂直に入射させて、上記アダプティブオプティクスのミラーに垂直に入射されて反射された波長の光を、レーザー共振器内を往復させることによりレーザー発振させて、上記グレーティングの0次光として出力させるようにしたものである。

20      また、本発明は、所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質からの出射光をプリズムに入射させて分光し、上記プリズムによって分光された

所定の波長の光をアダプティブオプティクスミラーに垂直に入射させて、上記アダプティブオプティクスミラーに垂直に入射されて反射された波長の光を、レーザー共振器内を往復させることによりレーザー発振させて出力させるようにしたものである。

- 5      また、本発明は、所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質からの出射光を第1のアダプティブオプティクスミラーに反射させて複屈折フィルターに入射させ、上記複屈折フィルターを透過した光を第2のアダプティブオプティクスミラーに入射させて、上記第2のアダプティブオプティクスミラーに入射されて反射された波長の光を、レーザー共振器内を往復させることによりレーザー発振させて出力させるようにしたものである。

- 10      また、本発明は、レーザーダイオードチップからの出射光をグレーティングに入射させ、上記グレーティングによって回折された所定の波長の1次回折光をアダプティブオプティクスミラーに垂直に入射させて、上記アダプティブオプティクスミラーに垂直に入射されて反射された波長の光を、上記グレーティング
- 15      の0次光として出力させるようにしたものである。

また、本発明においては、上記アダプティブオプティクスは、トラッキングミラーまたはディフォーダブルミラーのいずれかであるようにしてもよい。

#### 図面の簡単な説明

- 20      図1は、本発明の第1の実施の形態によるレーザー装置の概略構成説明図である。



図2は、アダプティブオプティックスとして用いるトラッキングミラーを示す概略構成斜視図である。

図3は、図2に示すトラッキングミラーの要部を示す説明図であり、図3(a)は電極106-1～106-4の全ての電圧が0Vの場合を示す説明図であり、

- 5 図3(b)は電極106-1ならびに電極106-2に所定の電圧を印加し、電極106-3ならびに電極106-4の電圧を0Vとした場合を示す説明図であり、図3(c)は電極106-3ならびに電極106-4に所定の電圧を印加し、電極106-1ならびに電極106-2の電圧を0Vとした場合を示す説明図である。

- 10 図4(a)は図1に示すレーザー装置から波長700nmの出射レーザー光を出射させる場合を示す概念図であり、図4(b)は図1に示すレーザー装置から波長900nmの出射レーザー光を出射させる場合を示す概念図である。

図5は、本発明の第2の実施の形態によるレーザー装置の概略構成説明図である。

- 15 図6は、図5に示すレーザー装置から波長700nmや波長900nmの出射レーザー光を出射させる場合を示す概念図である。

図7は、本発明の第3の実施の形態によるレーザー装置の概略構成説明図である。

- 20 図8は、図7に示すレーザー装置から波長700nmや波長900nmの出射レーザー光を出射させる場合を示す概念図である。

図9は、本発明の第4の実施の形態によるレーザー装置の概略構成説明図であ

る。

図10は、本発明の第5の実施の形態によるレーザー装置の概略構成説明図である。

図11は、アダプティブオプティクスとして用いるディフォーマブルミラー  
5 を示す概略構成分解斜視図である。

図12は、図11のA-A線断面図である。

図13は、本発明の他の実施の形態によるレーザー装置の概略構成説明図である。

図14(a)は図1に示すレーザー装置の波長可変領域を示すグラフであり、  
10 図14(b)は図13に示すレーザー装置の波長可変領域を示すグラフである。

#### 符号の説明

	10, 10-1, 10-2	アダプティブオプティクス
	12, 32, 42	出射側ミラー
15	14	レーザー媒質
	16, 26, 56	グレーティング (回折格子)
	20	コントローラー
	22	ミラー
	36	プリズム
20	36a	入射面
	36b	出射面

- 4 6 複屈折フィルター
- 5 0 レーザーダイオードチップ
- 5 2 レンズ
- 1 0 0 トラッキングミラー
- 5 1 0 2 下部部材
- 1 0 4 基盤
- 1 0 4 a 表面
- 1 0 6-1 ~ 1 0 6-5 電極
- 1 1 2 上部部材
- 10 1 1 4 フレーム
- 1 1 6 ミラー
- 1 1 6 a 反射面
- 1 1 6 b, 1 1 6 c, 1 1 6 d, 1 1 6 e 角部
- 1 1 8 支持部材
- 15 2 0 0 ディフォーマブルミラー
- 2 0 2 下部部材
- 2 0 4 基盤
- 2 0 4 a 表面
- 2 0 6-1 ~ 2 0 6-7 電極
- 20 2 1 2 上部部材
- 2 1 4 フレーム

- 2 1 6           ミラー
- 2 1 6 a          反射面
- 2 1 6 b          面
- 2 1 8 - 1 ~ 2 1 8 - 7   ピラー
- 5   2 2 0          接着材料

発明を実施するための最良の形態

以下、添付の図面に基づいて、本発明によるレーザー装置およびレーザー装置における波長選択方法の実施の形態を詳細に説明するものとする。

- 10   図 1 には、本発明の第 1 の実施の形態によるレーザー装置の概略構成説明図が示されている。

- この第 1 の実施の形態のレーザー装置は、レーザー共振器を構成するアダプティブオプティクス 1 0 と所定の透過性を有する出射側ミラー 1 2 と、レーザー共振器内に配設されたレーザー媒質 1 4 と、波長選択用の分散素子としてのグレーティング（回折格子） 1 6 とを有して構成されている。
- 15

ここで、レーザー媒質 1 4 としては、例えば、 $Ti : Al_2O_3$  レーザー結晶を用いることができる。

- また、グレーティング 1 6 は、反射型の回折格子であって所定形状の溝が所定の本数形成された平面回折格子であり、例えば、溝本数 1 2 0 0 本/mm で回折
- 20   次数 1 の平面回折格子を用いることができる。

なお、このレーザー装置においては、レーザー共振器へ励起レーザー光を入射

するための励起光源として、例えば、Nd : YAGレーザーを用いることができる。

そして、アダプティブオプティックス (adaptive optics) 10とは、反射させる光の反射角度や波面を制御することができ、入射してくる光  
5 に対してアクティブに変化を加えて反射させるミラーを備えるものであって、各種タイプのものが提案されている。

この実施の形態においては、アダプティブオプティックス10として、所謂、トラッキングミラー (Tracking Mirror) と称される、ミラーの傾きのみを制御して変化可能なタイプのものを使用するものとする。

10 なお、アダプティブオプティックス10にはコントローラー20が接続されており、このコントローラー20により、アダプティブオプティックス10として用いられるトラッキングミラー100のミラー116 (後述する) の傾きを制御して変化可能なようになされている。

図2には、トラッキングミラー100を示す概略構成斜視図が示されており、  
15 このトラッキングミラー100は、下部部材102と上部部材112との2つのパーツにより構成されている。

下部部材102は、シリコン (Si) により形成された板状体の基盤104と、  
基盤104の表面104aに金 (Au) を用いてプリントされた複数の電極106-1~106-5とを有して構成されている。

20 ここで、下部部材102の複数の電極106-1~106-5とは、正方形を4つの小正方形に分割するようにして形成された電極106-1、電極106-

2、電極106-3ならびに電極106-4の4つの電極と、これら電極106-1、電極106-2、電極106-3ならびに電極106-4の外周側に形成された電極106-5とである。

一方、上部部材112は、略矩形形状のフレーム114と、反射面116aを  
5 備えフレーム114に支持部材118を介して可動自在に支持されミラー116とを有して構成されている。

このミラー116は、略矩形形状の板状体であるシリコン基板の表面に、反射面116aとなる金(Au)をコーティングして形成されている。ミラー116は、例えば、3.5mm(縦)×3.5mm(横)×200μm(厚み)であつ  
10 て、およそ0.05mgの重さを有するようにして寸法設定されている。

そして、ミラー116の反射面116aの背面側に基盤104の表面104aが位置し、ミラー116と基盤104の表面104aとが所定の間隔H(例えば、数十ミクロン)を有するようにして、上部部材112のフレーム114が下部部材102の基盤104に固定的に配設される(図3(a)に示す状態参照)。

15 この際、ミラー116の2本の対角線によって区切られた4つの略三角形形状の領域のそれぞれと対向するようにして、下部部材102の電極106-1、電極106-2、電極106-3ならびに電極106-4の4つの電極がそれぞれ位置するようになる。つまり、ミラー116の角部116bは電極106-1と電極106-2との間に位置し、ミラー116の角部116cは電極106-2  
20 と電極106-3との間に位置し、ミラー116の角部116dは電極106-3と電極106-4との間に位置し、ミラー116の角部116eは電極106

ー４と電極１０６－１との間に位置するようになる。

こうした下部部材１０２と上部部材１１２との２つのパーツよりなるトラッキングミラー１００において、コントローラー２０の制御によって、例えば、下部部材１０２の電極１０６－１ならびに電極１０６－２に所定の電圧を印加すると  
５ ともに、電極１０６－３ならびに電極１０６－４の電圧を０Ｖとすると、ミラー１１６は静電効果によって電極１０６－１ならびに電極１０６－２に引き寄せられて、ミラー１１６の角部１１６ｂと基盤１０４の表面１０４ａとの間隔Ｈ１（図３（ｂ）参照）は所定の間隔Ｈ（図３（ａ）参照）より短くなり、ミラー１１６が傾くことになる。

１０ また、下部部材１０２の電極１０６－３ならびに電極１０６－４に所定の電圧を印加するとともに、電極１０６－１ならびに電極１０６－２の電圧を０Ｖとすると、ミラー１１６は静電効果によって電極１０６－３ならびに電極１０６－４に引き寄せられて、ミラー１１６の角部１１６ｄと基盤１０４の表面１０４ａとの間隔Ｈ２（図３（ｃ）参照）は所定の間隔Ｈ（図３（ａ）参照）より短くなり、  
１５ ミラー１１６が傾くことになる。

また、下部部材１０２の電極１０６－１ならびに電極１０６－４に所定の電圧を印加するとともに、電極１０６－２ならびに電極１０６－３の電圧を０Ｖとした場合や、反対に、下部部材１０２の電極１０６－２ならびに電極１０６－３に所定の電圧を印加するとともに、電極１０６－１ならびに電極１０６－４の電圧  
２０ を０Ｖとした場合もそれぞれ、静電効果によって所定の電圧が印加された電極側にミラー１１６は引き寄せられて傾くことになる。

こうしてミラー116と所定の間隔Hを有して位置する4つの電極106-1  
～106-4の中で所定の電圧を印加する電極を変化させたり、さらには、印加  
する電圧の大きさを変化させることによって、トラッキングミラー100のミラ  
ー116を任意の方向に任意の角度だけ傾けさせることができ、ミラー116の  
5 反射面116aの傾きが変化可能となされている。

なお、この実施の形態においては、トラッキングミラー100のミラー116  
の反射面116aの傾きが変化可能な角度は最大で $15^{\circ}$ であり、水平状態（図  
3（a）参照）から $\pm 7.5^{\circ}$ の範囲でミラー116の角度のコントロールが可  
能である。また、こうしたミラー116の角度の制御は、コントローラ20によ  
10 って2kHz～3kHzという高速でなされるものである。従って、この実施の  
形態においては、1秒間でおおよそ3000回程度はミラー116の角度を最大 $15^{\circ}$   
で振ることができる。

以上の構成において、まず、励起レーザー光としてNd:YAGレーザーの第  
二高調波をレーザー媒質14に入射して、レーザー媒質14を励起する。こうし  
15 てレーザー媒質14を励起することにより、レーザー媒質14から広範囲の波長  
帯域の光が出射され、この広範囲の波長帯域の光は、アダプティブオプティクス  
10として用いたトラッキングミラー100のミラー116によって反射されて、  
グレーティング16に入射する。

そして、トラッキングミラー100のミラー116によって反射されてグレー  
20 ティング16に入射した広範囲の波長帯域の光は、グレーティング16によって  
波長毎に異なる回折角で回折されて放射状に分光される。つまり、グレーティン



グ 1 6 の 1 次回折光は波長毎に回折角が異なり、例えば、グレーティング 1 6 と  
して溝本数 1 2 0 0 本/mm で回折次数 1 の平面回折格子を用いた場合には、波  
長 7 0 0 nm の光の + 1 次の回折光の回折角は  $25^\circ$  であり、波長 9 0 0 nm の  
光の + 1 次の回折光の回折角は  $33^\circ$  である。

- 5      ここで、グレーティング 1 6 はリトロ配置になると、グレーティング 1 6 に  
入射した入射光の方向に、+ 1 次の回折光が戻るようになる。つまり、リトロ  
配置のグレーティング 1 6 に入射する入射光がグレーティング 1 6 の法線（図 4  
（a）に示す破線参照）となす角度、即ち、入射角  $\alpha$  は、グレーティング 1 6 に  
よって回折された光がグレーティング 1 6 の法線（図 4（a）に示す破線参照）  
10    となす角度、即ち、回折角  $\beta$  と一致する。

- このため、レーザー装置（図 1 参照）においては、レーザー媒質 1 4 から出射  
された広範囲の波長帯域の出射光が、所定の波長の + 1 次の回折光の回折角  $\beta$  と  
一致する入射角  $\alpha$  でグレーティング 1 6 に入射するように、即ち、グレーティン  
グ 1 6 がリトロ配置になるように、コントローラー 2 0 によりアダプティブオ  
15    プティクス 1 0 として用いたトラッキングミラー 1 0 0 のミラー 1 1 6 の角度を  
変化させる。

- 例えば、レーザー装置から波長 7 0 0 nm の出射レーザー光を出射させる場合  
には、レーザー媒質 1 4 から出射された広範囲の波長帯域の出射光を、コントロ  
ーラー 2 0 によって角度が調整されたトラッキングミラー 1 0 0 のミラー 1 1 6  
20    によって反射させて、入射角  $\alpha = 25^\circ$  でグレーティング 1 6 に入射させる（図  
4（a）参照）。すると、リトロ配置のグレーティング 1 6 によって、入射角

$\alpha$ と一致する回折角 $\beta = 25^\circ$ で回折された波長 $700\text{ nm}$ の+1次の回折光が、再びトラッキングミラー100のミラー116に入射してもとの光路に戻る。従って、波長 $700\text{ nm}$ の光が、アダプティブオプティクス10と出射側ミラー12とにより構成されるレーザー共振器内を往復することになる。

- 5      また、レーザー装置から波長 $900\text{ nm}$ の出射レーザー光を出射させる場合には、レーザー媒質14から出射された広範囲の波長帯域の出射光を、コントローラー20によって角度が調整されたトラッキングミラー100のミラー116によって反射させて、入射角 $\alpha = 33^\circ$ でグレーティング16に入射させる（図4（b）参照）。すると、リトロ配置のグレーティング16によって、入射角 $\alpha$
- 10      と一致する回折角 $\beta = 33^\circ$ で回折された波長 $900\text{ nm}$ の+1次の回折光が、再びトラッキングミラー100のミラー116に入射してもとの光路に戻る。従って、波長 $900\text{ nm}$ の光が、アダプティブオプティクス10と出射側ミラー12とにより構成されるレーザー共振器内を往復することになる。

- このように、グレーティング16として溝本数 $1200\text{ 本/mm}$ で回折次数1
- 15      の平面回折格子を用いると、波長 $700\text{ nm}$ から波長 $900\text{ nm}$ の間の波長の光の+1次の回折光の回折角 $\beta$ は $25^\circ$ から $33^\circ$ の間になる。従って、上記した波長 $700\text{ nm}$ から波長 $900\text{ nm}$ の間の波長の出射レーザー光をレーザー装置から出射させる場合には、コントローラー20によってトラッキングミラー100のミラー116の角度を調整して、レーザー媒質14から出射された広範囲の
- 20      波長帯域の出射光を、入射角 $\alpha$ が $25^\circ$ から $33^\circ$ の間でグレーティング16に入射させればよい。

こうして、波長毎にグレーティング 16 の回折角  $\beta$  が異なるために、リトロ配置でもとの光路に戻すための入射角  $\alpha$  も波長毎に異なり、波長に応じた角度にトラッキングミラー 100 のミラー 116 を調整して、入射角  $\alpha$  と一致する回折角  $\beta$  の波長の光を増幅させてレーザー発振を生ぜしめ、レーザー共振器から当該

5 波長のレーザー光を出射レーザー光として出射させることができる。

つまり、グレーティング 16 の 1 次回折光は波長により回折角  $\beta$  が変わることを利用して、その角度にあわせてグレーティング 16 がリトロ配置になるように、アダプティブオプティクス 10 の角度を変えると、グレーティング 16 を機械的に回転させてその角度を変えることなしに、レーザー共振器内を往復する

10 光の波長を変えて出射レーザー光の波長を変えることができる。

上記したようにして、第 1 の実施の形態に示すレーザー装置においては、アダプティブオプティクス 10 として用いたトラッキングミラー 100 のミラー 116 の角度を変化させることによって、レーザー媒質 14 から出射された広範囲の波長帯域の出射光を、任意の波長の光の 1 次回折光の回折角と一致する入射角で

15 グレーティング 16 に入射すると、当該任意の波長の光がレーザー共振器内を往復するようになる。このため、アダプティブオプティクス 10 のミラーの角度を変えると、レーザー共振器内を往復する光の波長が変わり、出射レーザー光の波長を変えることができる。

本発明の第 1 の実施の形態に示すレーザー装置によれば、波長選択のために角度を変えるトラッキングミラー 100 のミラー 116 が、小型で極めて軽量な部材なので、ミラー 116 の角度を高速に、例えば、2 kHz ~ 3 kHz で変化さ

20

せることができるようになり、波長可変速度を速くすることができる。

しかも、トラッキングミラー100のミラー116は、静電効果を利用し、エアギャップを通じて電極により引っ張られて角度を変化させるため、ミラー116を直接引いたり押したりするような機械的な接触が必要なく、ぶれが少ないので、非常に高速にしかも正確に角度を変化させたり、角度を決めることができる。このため、本発明の第1の実施の形態に示すレーザー装置によれば、波長選択を高精度に行うことができ、しかも波長再現精度もよく、安定した波長選択作用を実現することができる。

また、本発明の第1の実施の形態に示すレーザー装置においては、溝本数1200本/mmで回折次数1の平面回折格子をグレーティング16として用いるので、発振するレーザー光のスペクトル幅をおよそ0.01nm以下程度まで狭くすることができるようになり、狭スペクトルにて波長選択作用を実現することもできる。

なお、本発明によるレーザー装置の発振するレーザー光のスペクトル幅（およそ0.01nm以下）は、例えば、音響光学効果を使用した波長選択素子を用いて高速な波長選択によって発振するレーザー光のスペクトル幅（およそ0.1nm）と比較しても狭いものである。

図5には、本発明の第2の実施の形態によるレーザー装置の構成概略図が示されている。なお、図1乃至図4に示した構成部材と同一の構成部材に関しては、理解を容易にするために、同一の符号を付して示すものとする。

この第2の実施の形態によるレーザー装置は、レーザー共振器を構成するアダ

プティブオプティクス10と所定の透過性を有するミラー22と、レーザー共振器内に配設されたレーザー媒質14と、波長選択用の分散素子としてのグレーティング（回折格子）26とを有して構成されている。

ここで、アダプティブオプティクス10としては、上記した第1の実施の形態  
5 と同様に、トラッキングミラー100（図2参照）を使用するものとする。

また、グレーティング26としては、例えば、溝本数1200本/mmで回折  
次数1の反射型の平面回折格子を用いることができる。なお、グレーティング2  
6は、グレーティング26に入射するレーザー媒質14から出射された広範囲の  
波長帯域の光（後述する）がグレーティング26の法線（図6に示す破線参照）  
10 となす角度、即ち、入射角 $\alpha$ が $50^\circ$ となるようにして配設されている。

以上の構成において、まず、励起レーザー光としてNd:YAGレーザーの第  
二高調波をレーザー媒質14に入射して、レーザー媒質14を励起する。こうし  
てレーザー媒質14を励起することにより、レーザー媒質14から広範囲の波長  
帯域の光を出射させ、この広範囲の波長帯域の光は、グレーティング26に入射  
15 角 $\alpha = 50^\circ$ で入射する。

そして、グレーティング26に入射した広範囲の波長帯域の光は、グレーティ  
ング26によって波長毎に異なる回折角で回折されて放射状に分光される。つま  
り、グレーティング26の1次回折光は波長毎に回折角が異なり、例えば、グ  
レーティング26として溝本数1200本/mmで回折次数1の平面回折格子を用  
いた場合には、広範囲の波長帯域の光が入射角 $\alpha = 50^\circ$ でグレーティング26  
20 に入射すると、波長700nmの光の+1次の回折光の回折角 $\beta_1$ は $4^\circ$ であり、

波長 900 nm の光の +1 次の回折光の回折角  $\beta_2$  は  $18^\circ$  である (図 6 参照)。

このため、レーザー装置 (図 5 参照) においては、所定の波長の 1 次回折光が、アダプティブオプティクス 10 として用いたトラッキングミラー 100 のミラー 116 に垂直に入射するように、コントローラー 20 によりトラッキングミラー 100 のミラー 116 の角度を変化させる。

例えば、レーザー装置から波長 700 nm の出射レーザー光を出射させる場合には、コントローラー 20 によってトラッキングミラー 100 のミラー 116 の角度を調整して、ミラー 116 をグレーティング 26 に対して  $4^\circ$  傾かせ、回折角  $\beta_1 = 4^\circ$  (図 6 参照) の回折光、即ち、波長 700 nm の光をミラー 116 に垂直入射させる。すると、トラッキングミラー 100 のミラー 116 に垂直入射した波長 700 nm の光が、ミラー 116 によって反射されて再びグレーティング 26 に入射して、アダプティブオプティクス 10 とミラー 22 とにより構成されるレーザー共振器内に戻って往復することになる。

また、レーザー装置から波長 900 nm の出射レーザー光を出射させる場合には、コントローラー 20 によってトラッキングミラー 100 のミラー 116 の角度を調整して、ミラー 116 をグレーティング 26 に対して  $18^\circ$  傾かせ、回折角  $\beta_2 = 18^\circ$  (図 6 参照) の回折光、即ち、波長 900 nm の光をミラー 116 に垂直入射させる。すると、トラッキングミラー 100 のミラー 116 に垂直入射した波長 900 nm の光が、ミラー 116 によって反射されて再びグレーティング 26 に入射して、アダプティブオプティクス 10 とミラー 22 とにより構成されるレーザー共振器内に戻って往復することになる。

このように、グレーティング 26 として溝本数 1200 本/mm で回折次数 1 の平面回折格子を用いると、波長 700 nm から波長 900 nm の間の波長の光の +1 次の回折光の回折角  $\beta$  は  $4^\circ$  から  $18^\circ$  の間になる。従って、上記した波長 700 nm から波長 900 nm の間の波長の出射レーザー光をレーザー装置から出射させる場合には、コントローラ 20 によってトラッキングミラー 100 のミラー 116 の角度を、グレーティング 26 に対して  $4^\circ$  から  $18^\circ$  の間で傾かせて、波長 700 nm から波長 900 nm の間の波長の光をミラー 116 に垂直入射させればよい。

こうして波長毎にグレーティング 26 の回折角が異なるために、出射レーザー光としたい波長に応じた角度にトラッキングミラー 100 のミラー 116 を調整すると、ミラー 116 に垂直に入射した波長の光が増幅されてレーザー発振を生ぜしめ、レーザー共振器から当該波長のレーザー光が、グレーティング 26 の 0 次光として出射されて、出射レーザー光を得ることができる。

つまり、グレーティング 26 の 1 次回折光は波長により回折角が変わることを利用して、所定の波長の 1 次回折光が垂直に入射するように、アダプティブオプティックス 10 のミラーの角度を変えると、グレーティング 26 を機械的に回転させてその角度を変えることなしに、レーザー共振器内を往復する光の波長を変えて出射レーザー光の波長を変えることができる。

図 7 には、本発明の第 3 の実施の形態によるレーザー装置の構成概略図が示されている。なお、図 1 乃至図 4 に示した構成部材と同一の構成部材に関しては、理解を容易にするために、同一の符号を付して示すものとする。

この第3の実施の形態によるレーザー装置は、レーザー共振器を構成するアダプティブオプティクス10と所定の透過性を有する出射側ミラー32と、レーザー共振器内に配設されたレーザー媒質14と、波長選択用の分散素子としてのプリズム36とを有して構成されている。

- 5      ここで、アダプティブオプティクス10としては、上記した第1の実施の形態と同様に、トラッキングミラー100（図2参照）を使用するものとする。

また、プリズム36としては、例えば、材質SF11で頂角 $59.7^\circ$ のSF10ブリュースタカットプリズムを用いることができる。なお、プリズム36は、レーザー媒質14から出射された広範囲の波長帯域の光（後述する）が入射角 $\alpha$   
10     $= 59.7^\circ$ で入射するようにして配設されている。

以上の構成において、まず、励起レーザー光としてNd:YAGレーザーの第二高調波をレーザー媒質14に入射して、レーザー媒質14を励起する。こうしてレーザー媒質14を励起することにより、レーザー媒質14から広範囲の波長帯域の光を出射させ、この広範囲の波長帯域の光は、プリズム36の入射面36  
15    aに入射角 $\alpha = 59.7^\circ$ で入射する。

そして、プリズム36に入射した広範囲の波長帯域の光は、プリズム36によって波長毎に異なる屈折角で屈折されて放射状に分光される。つまり、プリズム36によって分光された光は波長毎に分散角が異なり、例えば、プリズム36として材質SF11で頂角 $59.7^\circ$ のSF10ブリュースタカットプリズムを用  
20    いた場合には、広範囲の波長帯域の光が入射角 $\alpha = 59.7^\circ$ でプリズム36に入射すると、波長 $700\text{ nm}$ の光の分散角 $\gamma_1$ は $57.75^\circ$ であり、波長 $90$



0 nmの光の分散角 $\gamma_2$ は56.60°である(図8参照)。

このため、レーザー装置(図7参照)においては、プリズム36によって分光された所定の波長の光が、アダプティブオプティクス10として用いたトラッキングミラー100のミラー116に垂直に入射するように、コントローラー20  
5 によりトラッキングミラー100のミラー116の角度を変化させる。

例えば、レーザー装置から波長700 nmの出射レーザー光を出射させる場合には、コントローラー20によってトラッキングミラー100のミラー116の角度を調整して、ミラー116をプリズム36の出射面36bに対して所定の角度だけ傾かせ、分散角 $\gamma_1=57.75^\circ$ (図8参照)の分散光、即ち、波長7  
10 00 nmの光をミラー116に垂直入射させる。すると、トラッキングミラー100のミラー116に垂直入射した波長700 nmの光が、ミラー116によって反射されて再びプリズム36に入射して、アダプティブオプティクス10と出射側ミラー32とにより構成されるレーザー共振器内に戻って往復することになる。

15 また、レーザー装置から波長900 nmの出射レーザー光を出射させる場合には、コントローラー20によってトラッキングミラー100のミラー116の角度を調整して、ミラー116をプリズム36の出射面36bに対して所定の角度だけ傾かせ、分散角 $\gamma_2=56.60^\circ$ (図8参照)の分散光、即ち、波長90  
0 nmの光をミラー116に垂直入射させる。すると、トラッキングミラー10  
20 0のミラー116に垂直入射した波長900 nmの光が、ミラー116によって反射されて再びプリズム36に入射して、アダプティブオプティクス10と出射

側ミラー 32 とにより構成されるレーザー共振器内に戻って往復することになる。

このように、プリズム 36 として材質 SF11 で頂角  $59.7^\circ$  の SF10 プリウスタカットプリズムを用いると、波長  $700\text{ nm}$  から波長  $900\text{ nm}$  の間の波長の光の分散角  $\gamma$  は  $57.75^\circ$  から  $56.60^\circ$  の間になる。従  
5 って、上記した波長  $700\text{ nm}$  から波長  $900\text{ nm}$  の間の波長の出射レーザー光をレーザー装置から出射させる場合には、コントローラー 20 によってトラッキングミラー 100 のミラー 116 の角度を、プリズム 36 に対して所定の範囲内で傾かせて、波長  $700\text{ nm}$  から波長  $900\text{ nm}$  の間の波長の光をミラー 116 に垂直入射させればよい。

10 こうしてプリズム 36 において波長毎に分散角が異なるために、出射レーザー光としたい波長に応じた角度にトラッキングミラー 100 のミラー 116 を調整して、ミラー 116 に垂直に入射した波長の光を増幅させてレーザー発振を生ぜしめ、レーザー共振器から当該波長のレーザー光を、出射レーザー光として出射側ミラー 32 から出射させることができる。

15 つまり、プリズム 36 による分光を利用して、所定の波長の光が垂直に入射するように、アダプティブオプティックス 10 のミラーの角度を変えると、プリズム 36 を機械的に回転させてその角度を変えることなしに、レーザー共振器内を往復する光の波長を変えて出射レーザー光の波長を変えることができる。

図 9 には、本発明の第 4 の実施の形態によるレーザー装置の構成概略図が示  
20 れている。なお、図 1 乃至図 4 に示した構成部材と同一の構成部材に関しては、理解を容易にするために、同一の符号を付して示すものとする。

即ち、第4の実施の形態によるレーザー装置は、レーザー共振器を構成するアダプティブオプティクス10-1と所定の透過性を有する出射側ミラー42と、レーザー共振器内に配設されたレーザー媒質14と、波長選択用の分散素子としての複屈折フィルター46と、複屈折フィルター46とレーザー媒質14との間に配設されたアダプティブオプティクス10-2とを有して構成されている。

ここで、アダプティブオプティクス10-1ならびにアダプティブオプティクス10-2としては、上記した第1の実施の形態と同様に、トラッキングミラー100（図2参照）を使用するものとする。

また、複屈折フィルター46としては、例えば、中心波長800nmの石英製3プレート複屈折フィルターを用いることができる。なお、複屈折フィルター46は、アダプティブオプティクス10-1とアダプティブオプティクス10-2との間に位置するようにして配設されている。

以上の構成において、まず、励起レーザー光としてNd:YAGレーザーの第二高調波をレーザー媒質14に入射して、レーザー媒質14を励起する。こうしてレーザー媒質14を励起することにより、レーザー媒質14から広範囲の波長帯域の光を出射させ、この広範囲の波長帯域の光は、アダプティブオプティクス10-2として用いたトラッキングミラー100のミラー116によって反射されて、複屈折フィルター46に入射する。

ここで、複屈折フィルター46は、当該複屈折フィルター46に入射する入射光の透過角度に応じて、所定の波長の光を選択的に出射するものである。例えば、複屈折フィルター46として中心波長800nmの石英製3プレート複屈折フィ

ルターを用いた場合には、レーザー媒質 1 4 から出射された広範囲の波長帯域の光が、複屈折フィルター 4 6 に透過角度  $30^\circ$  で入射すると、波長  $790\text{ nm}$  の光が複屈折フィルター 4 6 から出射され、複屈折フィルター 4 6 に透過角度  $40^\circ$  で入射すると、波長  $840\text{ nm}$  の光が複屈折フィルター 4 6 から出射される。

- 5     このため、レーザー装置（図 9 参照）においては、所定の波長の光が複屈折フィルター 4 6 から出射可能な透過角度で、レーザー媒質 1 4 から出射された広範囲の波長帯域の光が複屈折フィルター 4 6 に入射するように、コントローラー 20 によって、アダプティブオプティクス 10-2 として用いたトラッキングミラー 100 のミラー 116 の角度を変化させる。
- 10    すると、レーザー媒質 1 4 から出射された広範囲の波長帯域の光は、アダプティブオプティクス 10-2 として用いたトラッキングミラー 100 のミラー 116 によって反射されて、所定の波長の光が複屈折フィルター 4 6 から出射可能な透過角度で複屈折フィルター 4 6 に入射する。その結果、複屈折フィルター 4 6 を透過して所定の波長の光が出射される。
- 15    こうして、複屈折フィルター 4 6 から出射された所定の波長の光は、コントローラー 20 によって角度が調整されているアダプティブオプティクス 10-1 として用いたトラッキングミラー 100 のミラー 116 によって反射されて再び複屈折フィルター 4 6 に入射して、アダプティブオプティクス 10-1 と出射ミラー 42 とにより構成されるレーザー共振器内に戻って往復することになる。
- 20    こうして複屈折フィルター 4 6 において波長毎に透過角度が異なるために、出射レーザー光としたい波長の光が複屈折フィルター 4 6 から出射するように、ア

アダプティブオプティクス10-2として用いたトラッキングミラー100のミラー116を調整して、複屈折フィルター46から出射した波長の光を増幅させてレーザー発振を生ぜしめ、レーザー共振器から当該波長のレーザー光を、出射レーザー光として出射側ミラー42から出射させることができる。

- 5       つまり、複屈折フィルター46による波長選択を利用して、共振状態を保ったまま複屈折フィルター46の透過角度を変化させるように、アダプティブオプティクス10-1ならびにアダプティブオプティクス10-2のミラーの角度を変えると、複屈折フィルター46を機械的に回転させてその角度を変えることなしに、レーザー共振器内を往復する光の波長を変えて出射レーザー光の波長を
- 10       変えることができる。

- 以上において説明した第2の実施の形態に示すレーザー装置（図5参照）、第3の実施の形態に示すレーザー装置（図7参照）ならびに第4の実施の形態に示すレーザー装置（図9参照）においても、上記した第1の実施の形態のレーザー装置（図1参照）と同様の効果を奏するものであり、アダプティブオプティクス
- 15       10、10-1、10-2のミラーの角度を変えると、レーザー共振器内を往復する光の波長が変わり、出射レーザー光の波長を変えることができ、波長可変速度を速くすることもできる。また、波長選択を高精度に行うことができ、しかも波長再現精度もよく、安定しかつ狭スペクトルの波長選択作用を実現することができる。

- 20       図10には、本発明の第5の実施の形態によるレーザー装置の構成概略図が示されている。なお、図1乃至図4に示した構成部材と同一の構成部材に関しては、

理解を容易にするために、同一の符号を付して示すものとする。

図10に示すレーザー装置たる半導体レーザーは、レーザーダイオードチップ50と、レーザーダイオードチップ50からの出射光が入射するレンズ52と、アダプティブオプティクス10と、波長選択用の分散素子としてのグレーティング56とを有して構成されている。

ここで、レーザーダイオードチップ50のアダプティブオプティクス10側の一方の端面50aにはARコーティングが施されており、他方の端面50bには全反射コーティングが施されている。そして、ARコーティングにより反射が防止された端面50aからの出射光は、レンズ52に入射するようになされている。

10 レンズ52は、レーザーダイオードチップ50から出射光を平行光に変換して、グレーティング56に入射させるものである。

また、グレーティング56としては、例えば、溝本数300本/mmで回折次数1の反射型の平面回折格子を用いることができる。なお、グレーティング56は、グレーティング56に入射するレンズ52からの出射光がグレーティング26の法線となす角度、即ち、入射角 $\alpha$ が30°となるようにして配設されている。

15 6の法線となす角度、即ち、入射角 $\alpha$ が30°となるようにして配設されている。

そして、この実施の形態においては、アダプティブオプティクス10として、所謂、デフォーマブルミラー (Deformable Mirror) と称される、膜状のミラーの形状を制御して変化可能なタイプのものを使用するものとする。

20 なお、アダプティブオプティクス10にはコントローラー20が接続されており、このコントローラー20により、アダプティブオプティクス10として

用いられるディフォーダブルミラー２００のミラー２１６（後述する）の形状が制御されて、ミラー２１６の反射面２１６aが変化可能なようになされている。

図１１には、ディフォーダブルミラー２００を示す概略構成斜視図が示されており、図１２には、図１１のＡ－Ａ線断面図が示されている。このディフォーダブルミラー２００は、下部部材２０２と上部部材２１２との２つのパーツより構成されている。

下部部材２０２は、シリコン結晶により形成された板状体の基盤２０４と、基盤２０４の表面２０４aに金（Au）を用いてプリントされた複数の電極２０６－１～２０６－７とを有して構成されている。

一方、上部部材２１２は、略リング状のフレーム２１４と、反射面２１６aを備えフレーム２１４上に形成された膜状のミラー２１６と、ミラー２１６の反射面２１６aの背面側の面に配設された突起状の複数のピラー２１８－１～２１８－７とを有して構成されている。

なお、フレーム２１４ならびにピラー２１８－１～２１８－７は、シリコン結晶により形成されている。また、ミラー２１６の反射面２１６aは、窒化シリコン（SiN）に誘電体多層膜コートがなされて形成されている。そして、ミラー２１６の反射面２１６aの背面側に位置する面２１６bとフレーム２１４の外周には金がコーティングされている。

また、上部部材２１２のピラー２１８－１～２１８－７は、下部部材２０２の電極２０６－１～２０６－７と対応する位置に、下部部材２０２の電極２０６－１～２０６－７の総数と一致する数だけ形成されている。

ここで、上部部材 212 が下部部材 202 の基盤 204 の表面 204a に接着材料 220 によって固定されて、上部部材 212 と下部部材 202 との 2 つのパーツが張り合わされてディフォーマブルミラー 200 が構成された際には、上部部材 212 のピラー 218-1 ~ 218-7 と下部部材 202 の電極 206-1 ~ 206-7 とは所定の間隔（例えば、数十ミクロン）を有して対向するような位置関係で配置される。

なお、図 11 に示すディフォーマブルミラー 200 においては、上部部材 212 の 7 つのピラー 218-1 ~ 218-7 が下部部材 202 に 7 つの電極 206-1 ~ 206-7 に対向するようになされているが、ピラー 218-1 ~ 218-7 ならびに電極 206-1 ~ 206-7 の数はこれに限られることなしに、上部部材 212 のピラーと下部部材 202 の電極とは互いに対向可能なようにして任意の数の形成することができ、例えば、100 個以上のピラーと電極とを形成するようにしてもよい。

こうした下部部材 202 と上部部材 212 との 2 つのパーツよりなるディフォーマブルミラー 200 において、コントローラー 20 の制御によって、例えば、下部部材 202 の電極 206-1 に所定の電圧を印加するとともに、電極 206-2 ~ 206-7 の電圧を 0V とすると、ミラー 216 は静電効果によって電極 206-1 に引き寄せられて、平滑な平面状であった反射面 216a は、電極 206-1 に対向する領域が落ち窪んだ凹面状に変形することになる。

このように、下部部材 202 の電極 206-1 ~ 206-7 それぞれの電圧を、コントローラー 20 によって制御することによって、ディフォーマブルミラー 2



00のミラー216は、ミラー216の形状が変化可能なものである。

なお、この実施の形態においては、デフォーマブルミラー200のミラー216の反射面26aの傾きが変化可能な角度は最大で $1^{\circ}$ であり、水平状態（図12参照）から $\pm 0.5^{\circ}$ の範囲でミラー216の角度のコントロールが可能である。また、こうしたミラー216の角度の制御は、コントローラ20によって2kHz～3kHzという高速でなされるものである。従って、この実施の形態においては、1秒間でおよそ3000回程度はミラー216の角度を最大 $1^{\circ}$ で振ることができる。

以上の構成において、レーザーダイオードチップ50の端面50aからの広範囲の波長帯域（例えば、800nm～850nm）の出射光は、レンズ52に入射し、レンズ52によって平行光に変換されて、グレーティング56に入射角 $\alpha = 30^{\circ}$ で入射する。

そして、グレーティング56に入射した広範囲の波長帯域の光は、グレーティング56によって波長毎に異なる回折角で回折されて放射状に分光される。つまり、グレーティング56の1次回折光は波長毎に回折角が異なり、例えば、グレーティング56として溝本数300本/mmで回折次数1の平面回折格子を用いた場合には、波長800nmの光の+1次の回折光の回折角は $13.89^{\circ}$ であり、波長850nmの光の+1次の回折光の回折角は $14.77^{\circ}$ である。

このため、半導体レーザー（図10参照）においては、所定の波長の1次回折光が、アダプティブオプティクス10として用いたデフォーマブルミラー200のミラー216の反射面216aに垂直に入射するように、コントローラ2

0によりデフォーダブルミラー200のミラー216の角度を変化させる。

例えば、半導体レーザーから波長800nmの出射レーザー光を出射させる場合には、コントローラー20によってデフォーダブルミラー200のミラー216の角度を調整して、ミラー216の反射面216aをグレーティング56に  
5 対して所定の角度だけ傾かせ、回折角13.89°の回折光、即ち、波長800nmの光をミラー216に垂直入射させる。

また、半導体レーザーから波長850nmの出射レーザー光を出射させる場合には、コントローラー20によってデフォーダブルミラー200のミラー216の角度を調整して、ミラー216の反射面216aをグレーティング56に  
10 対して所定の角度だけ傾かせ、回折角14.77°の回折光、即ち、波長850nmの光をミラー216に垂直入射させる。

このように、グレーティング56として溝本数300本/mmで回折次数1の平面回折格子を用いると、波長800nmから波長850nmの間の波長の光の+1次の回折光の回折角は13.89°から14.77°の間になる。従って、  
15 上記した波長800nmから波長850nmの間の波長の出射レーザー光を半導体レーザーから出射させる場合には、コントローラー20によってデフォーダブルミラー200のミラー216の角度を、グレーティング56に対して所定の範囲内で傾かせて、波長800nmから波長850nmの間の波長の光をミラー216に垂直入射させればよい。

20 そして、デフォーダブルミラー200のミラー216の反射面216aに垂直入射した所定の波長の光は、反射面216aによって反射されて再びグレーテ

ィング 5 6 に入射して、もとの光路に戻ってレーザーダイオードチップ 5 0 に帰還することになる。

こうして波長毎にグレーティング 5 6 の回折角が異なるために、出射レーザー光としたい波長に応じた角度にコントローラー 2 0 によりディフォーマブルミラー 2 0 0 のミラー 2 1 6 を調整すると、ミラー 2 1 6 の反射面 2 1 6 a に垂直に入射した波長の光を増幅させてレーザー発振を生ぜしめ、グレーティング 5 6 の 0 次光として出射させることができる。

つまり、グレーティング 5 6 の 1 次回折光は波長により回折角が変わることを利用して、所定の波長の 1 次回折光が垂直に入射するように、アダプティブオプティクス 1 0 のミラーの角度を変えると、グレーティング 5 6 を機械的に回転させてその角度を変えることなしに、レーザーダイオードチップ 5 0 に帰還する光の波長を変えて出射レーザー光の波長を変えることができる。

そして、本発明による半導体レーザー（図 1 0 参照）においても、上記した第 1 の実施の形態のレーザー装置（図 1 参照）と同様の効果を奏するものであり、アダプティブオプティクス 1 0 のミラーの角度を変えると、レーザーダイオードチップ 5 0 に帰還する光の波長が変わり、出射レーザー光の波長を変えることができ、波長可変速度を速くすることもできる。また、波長選択を高精度に行うことができ、しかも波長再現精度もよく、安定しかつ狭スペクトルの波長選択作用を実現することができる。

なお、従来より、半導体レーザーにおいて温度を変えることによって波長を変化させることが知られているが、こうした場合には、波長変化の速度が非常に遅

く、またスペクトル幅も数ナノメートルと広がってしまう。

そこで、外部共振器を構成することが提案されているが、従来の外部共振器を有する半導体レーザーにおいては、レーザーダイオードの外部に配置されたグレーティングで回折された光は、機械的に回転する全反射ミラーによってもとの光路に戻されていた。このため、従来の半導体レーザーによる掃引速度は100 ns/sで、スペクトルの線幅は300 kHz（約1 pm）程度以下であり、本発明による半導体レーザー（図10参照）によって実現される掃引速度1000 nm/sには到底及ばないものである。

なお、上記した実施の形態は、以下の（1）乃至（7）に説明するように変形することができる。

（1）上記した実施の形態においては、レーザー媒質14としてTi:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>レーザー結晶を用い、励起レーザー光としてNd:YAGレーザーの第二高調波を用いるようにしたが、これに限られるものではないことは勿論であり、例えば、LiSAFレーザー結晶やLiCAFレーザー結晶や色素溶液などを用いる液体レーザーなどの他の種類のレーザー媒質や、連続発振固体レーザーや連続発振半導体レーザーや連続発振Arイオン・レーザーなどの励起レーザー光源を用いるようにしてもよい。

（2）上記した実施の形態においては、グレーティング16、グレーティング26、プリズム36、複屈折フィルター46ならびにグレーティング56として各種の設計などを例示したが、これに限られるものではないことは勿論であり、例示した設計以外のグレーティングやプリズムや複屈折フィルターを用いるよう

にしてもよい。また、グレーティングやプリズムや複屈折フィルターとは異なる他の種類の分散素子や波長選択部材を用いるようにしてもよい。

そして、回折格子の種類を選択することによって、本発明によるレーザー装置から発振するレーザー光のスペクトル幅を広くしたりあるいは狭くしたりできる。

- 5 具体的には、グレーティング 16 やグレーティング 26 の溝本数を増加させると、本発明によるレーザー装置から発振するレーザー光のスペクトル幅を狭くすることができる。また、本発明によるレーザー装置から発振するレーザー光のスペクトル幅を狭くするには、レーザー共振器の全長を長くしてもよい。

- 10 なお、上記したような各種変更が可能な本発明によるレーザー装置においては、発振するレーザー光の波長域とスペクトル幅とはトレードオフの関係を有するものであるが、音響光学効果を使用した波長選択素子を用いて高速な波長選択によって発振するレーザー光のスペクトル幅の狭線化可能な限界に比べると、スペクトル幅をはるかに狭くすることができるものである。

- (3) 上記した第 1 の実施の形態のレーザー装置 (図 1 参照) においては、  
15 単一のグレーティング 16 を配設するようにしたが、これに限られるものではないことは勿論であり、互いに異なる波長域で高い効率を有する複数のグレーティング (回折格子) を配設するようにしてもよい。

- 例えば、図 13 には、第 1 の実施の形態のレーザー装置 (図 1 参照) の単一のグレーティング 16 に代わって、複数のグレーティング 16-1、16-2、1  
20 6-3 を配設したレーザー装置の概略構成説明図が示されている。

この図 12 に示すレーザー装置のように、互いに異なる波長域で高い効率を有

するグレーティング16-1とグレーティング16-2とグレーティング16-3とを配設しても、アダプティブオプティクス10として用いるトラッキングミラー100（図2参照）のミラー116は、1次元的にだけではなく、2次元的に動かすことができるので、これら3つのグレーティング16-1、16-2、  
5 16-3の回折光を受光できる。

その結果、図12に示すレーザー装置によれば、3つのグレーティング16-1、16-2、16-3それぞれが異なる波長域をカバーするようになり（図14（b）参照）、単一のグレーティングを配設した場合（図14（a）参照）に波長域が限られてしまうのに対して、連続で広範囲な波長域を、あるいは、複数  
10 の波長域をカバーすることが可能となる。

（4）上記した第1～第4の実施の形態のレーザー装置においては、アダプティブオプティクス10、10-1、10-2としてトラッキングミラー100（図2参照）を用いるようにしたが、これに限られるものではないことは勿論であり、静電効果を利用したタイプとは異なるタイプのトラッキングミラー、例えば、ピ  
15 エゾを使用してミラーの角度の傾きを制御して変化可能なタイプのトラッキングミラーを用いるようにしてもよい。

また、トラッキングミラー100（図2参照）においては、反射面116aが金（Au）のコーティングにより形成されるようにしたが、これに限られるものではないことは勿論であり、反射面116aは誘電体多層膜コートにより形成さ  
20 れるようにしてもよい。

また、上記した第1～第4の実施の形態のレーザー装置において、アダプティ

ブオプティクス10, 10-1, 10-2として、トラッキングミラー100 (図2参照) に代わってディフォーマブルミラー200 (図11ならびに図12参照) を使用するようにしてもよいし、第5の実施の形態のレーザー装置において、アダプティブオプティクス10として、ディフォーマブルミラー200に代わって

5    トラッキングミラー100を使用するようにしてもよい。

(5) 上記した実施の形態において、さらに、所定の位置に波面計測器を配設するようにして、共振器から出射したレーザー光の一部を取り出して当該波面計測器に取り込ませるようにしてもよい。このようにすると、アダプティブオプティクス10, 10-1, 10-2は反射させる光の反射角度だけではなく波面も

10    制御することができるので、波面計測器で計測された波面データに基づいてアダプティブオプティクス10, 10-1, 10-2を制御することにより、クローズドループ制御でリアルタイムに、出射レーザー光のビーム形状や品質を波長と同時に制御することができる。

より詳細には、従来より、共振器内のレーザー媒質や光学部品をレーザー光が

15    透過するごとにその波面が乱れることによって、出射レーザー光の波面が乱れるという問題点があった。また、レーザー媒質は強く励起されると熱レンズ効果によって共振器内でレンズのような役割を果たし、励起強度や発振周波数の変化によって、レーザー発振が止まってしまったり、あるいは、レーザー発振が弱まってしまったり、または、出射するレーザー光の形状が崩れたりするという問題点

20    があった。

そこで、本発明においてアダプティブオプティクス10, 10-1, 10-2

とともに波面計測器を配設すると、波面の乱れなどに合わせてそれを修正するようにアダプティブオプティクス 10, 10-1, 10-2 のミラーの角度や形状を変化させることによって、出射レーザー光のビーム形状の改善や位相波面のゆらぎを補償して品質を改善でき、上記した従来の問題点も解消できる。例えば、

- 5 出射レーザー光のビームパターンは、TEM00モードと称される集光特性の優れたビームパターンなど各種ビームパターンに制御することができる。

なお、上記した第5の実施の形態でアダプティブオプティクス 10 として用いたデフォーマブルミラー 200 (図 11 ならびに図 12 参照) の場合には、ミラー 216 の反射面 216a が誘電体多層膜コートにより形成されているので、

- 10 金属コートよりなる反射面のミラーに比べてダメージしきい値が高くなり、高出力レーザーの波面補正にも対応できる。

(6) 上記した実施の形態において、さらに、レーザー共振器内などに各種部材を追加的に配設するようにしてもよく、例えば、ビームパターンを整形するためのアパーチャや、スペクトル幅を制御するためのエタロンなどを配設するよう

- 15 にしてもよい。

(7) 上記した実施の形態ならびに上記 (1) 乃至 (6) に示す変形例は、適宜に組み合わせるようにしてもよい。

#### 産業上の利用可能性

- 20 本発明は、以上説明したように構成されているので、質量の重い部材を機械的に回転することなしに、レーザー波長を制御して高速に波長を掃引できるように



して、安定した波長選択作用を実現することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 所定の透過性を有するミラーとアダプティブオプティクスとを有して構成されるレーザー共振器と、
- 5 前記レーザー共振器内に配設されたレーザー媒質と、  
前記レーザー媒質からの出射光が入射される分散素子と  
を有するレーザー装置。
2. レーザー共振器内に配設された所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質と、
- 10 前記レーザー媒質からの出射光が入射されるミラーを有するアダプティブオプティクスと、  
前記アダプティブオプティクスの前記ミラーによって反射された光が入射されるグレーティングと、  
前記グレーティングの回折光が前記アダプティブオプティクスの前記ミラーに  
15 よって反射されて入射されるように配置された所定の透過性を有するミラーと  
を有するレーザー装置。
3. レーザー共振器内に配設された所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質と、  
前記レーザー媒質からの出射光が入射されるグレーティングと、
- 20 前記グレーティングの回折光が入射されるミラーを有するアダプティブオプティクスと、

前記アダプティブオプティクスの前記ミラーによって反射された光が前記グレイティングによって回折されて入射されるように配置された所定の透過性を有するミラーと

を有するレーザー装置。

- 5 4. レーザー共振器内に配設された所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質と、

前記レーザー媒質からの出射光が入射されるプリズムと、

前記プリズムによって分光された光が入射されるミラーを有するアダプティブオプティクスと、

- 10 前記アダプティブオプティクスの前記ミラーによって反射された光が入射されるように配置された所定の透過率を有するミラーと

を有するレーザー装置。

5. レーザー共振器内に配設された所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質と、

- 15 前記レーザー媒質からの出射光が入射されるミラーを有する第1のアダプティブオプティクスと、

前記第1のアダプティブオプティクスのミラーによって反射された光が入射される複屈折フィルターと、

- 20 前記複屈折フィルターを透過した光が入射されるミラーを有する第2のアダプティブオプティクスと、

前記第2のアダプティブオプティクスの前記ミラーによって反射された光が入

射されるように配置された所定の透過率を有するミラーと  
を有するレーザー装置。

6. 一方の端面の反射が防止され他方の端面が全反射可能となされたレーザーダイオードチップと、

5 前記レーザーダイオードチップの前記一方の端面からの出射光が入射されるグレーティングと、

前記グレーティングの回折光が入射されるミラーを有するアダプティブオプティクスと

を有するレーザー装置。

10 7. 請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項6または請求項6のいずれか1項に記載のレーザー装置において、

前記アダプティブオプティクスは、トラッキングミラーまたはデフォーマブルミラーのいずれかである

レーザー装置。

15 8. 所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質からの出射光を、グレーティングから所定の波長の1次回折光がアダプティブオプティクスのミラーに入射するようにして、前記アダプティブオプティクスのミラーによって反射して前記グレーティングに入射させ、

前記グレーティングによって回折され前記アダプティブオプティクスのミラー

20 に入射された波長の光を、レーザー共振器内を往復させることによりレーザー発振させて出力させる

ことを特徴とするレーザー装置における波長選択方法。

9. 所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質からの出射光をグレーティングに入射させ、前記グレーティングによって回折された所定の波長の1次回折光をアダプティブオプティクスミラーに垂直に入射させて、

- 5 前記アダプティブオプティクスミラーに垂直に入射されて反射された波長の光を、レーザー共振器内を往復させることによりレーザー発振させて、前記グレーティングの0次光として出力させる

ことを特徴とするレーザー装置における波長選択方法。

- 10 10. 所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質からの出射光をプリズムに入射させて分光し、前記プリズムによって分光された所定の波長の光をアダプティブオプティクスミラーに垂直に入射させて、

前記アダプティブオプティクスミラーに垂直に入射されて反射された波長の光を、レーザー共振器内を往復させることによりレーザー発振させて出力させる

ことを特徴とするレーザー装置における波長選択方法。

- 15 11. 所定範囲の波長域においてレーザー発振可能なレーザー媒質からの出射光を第1のアダプティブオプティクスミラーに反射させて複屈折フィルターに入射させ、前記複屈折フィルターを透過した光を第2のアダプティブオプティクスミラーに入射させて、

- 20 前記第2のアダプティブオプティクスミラーに入射されて反射された波長の光を、レーザー共振器内を往復させることによりレーザー発振させて出力させることを特徴とするレーザー装置における波長選択方法。

12. レーザーダイオードチップからの出射光をグレーティングに入射させ、前記グレーティングによって回折された所定の波長の1次回折光をアダプティブオプティクスミラーに垂直に入射させて、

前記アダプティブオプティクスミラーに垂直に入射されて反射された波長の光を、前記グレーティングの0次光として出力させる

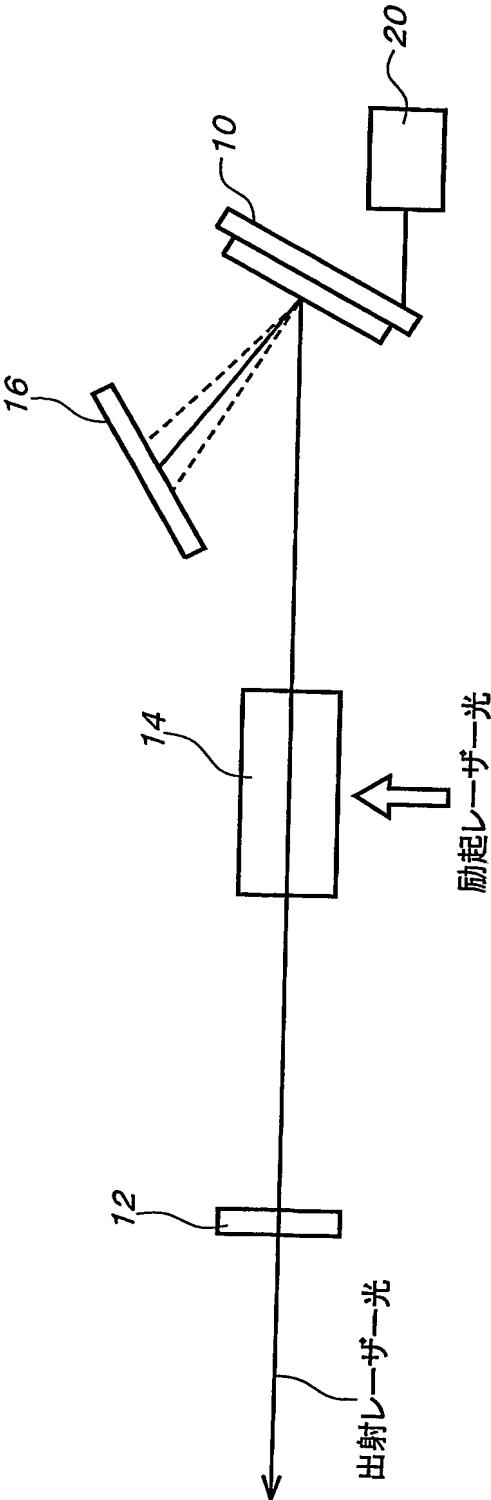
ことを特徴とするレーザー装置における波長選択方法。

13. 請求項8、請求項9、請求項10、請求項11または請求項12のいずれか1項に記載のレーザー装置における波長選択方法において、

前記アダプティブオプティクスは、トラッキングミラーまたはディフォーマブルミラーのいずれかである

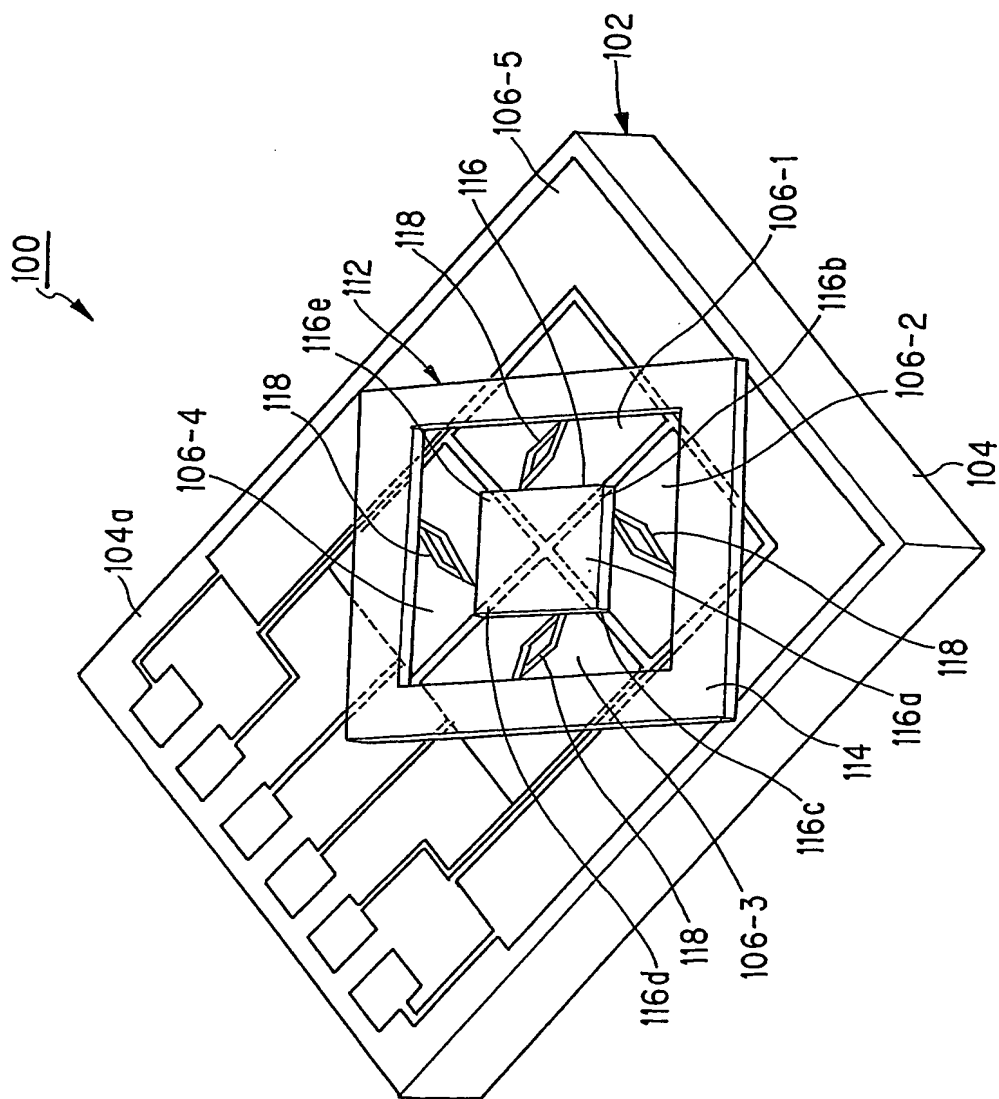
ことを特徴とするレーザー装置における波長選択方法。

図1



2/14

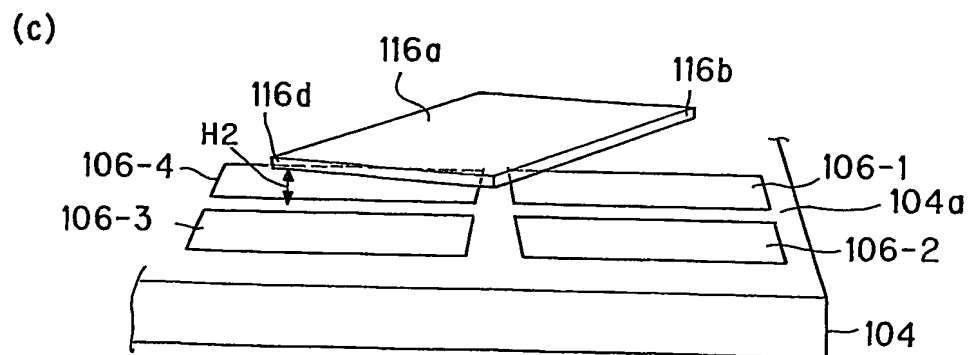
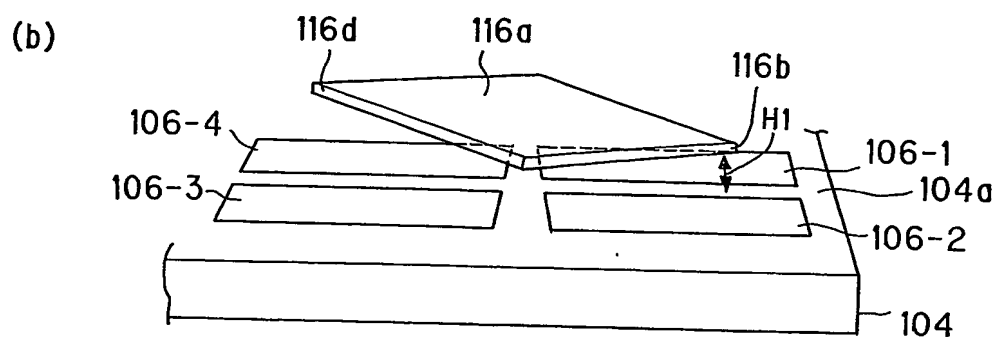
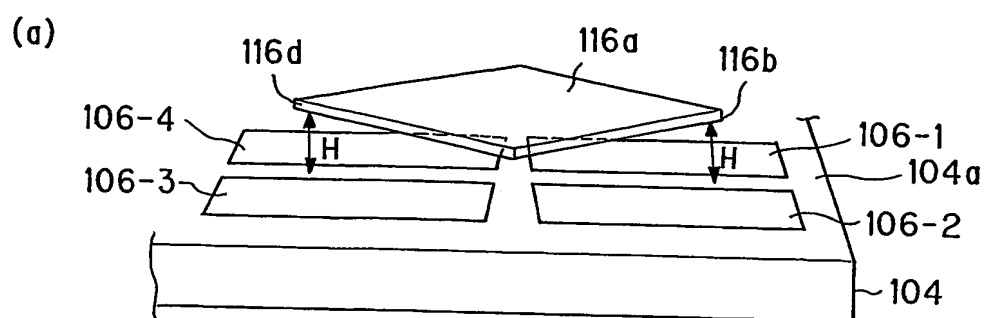
图2





3/14

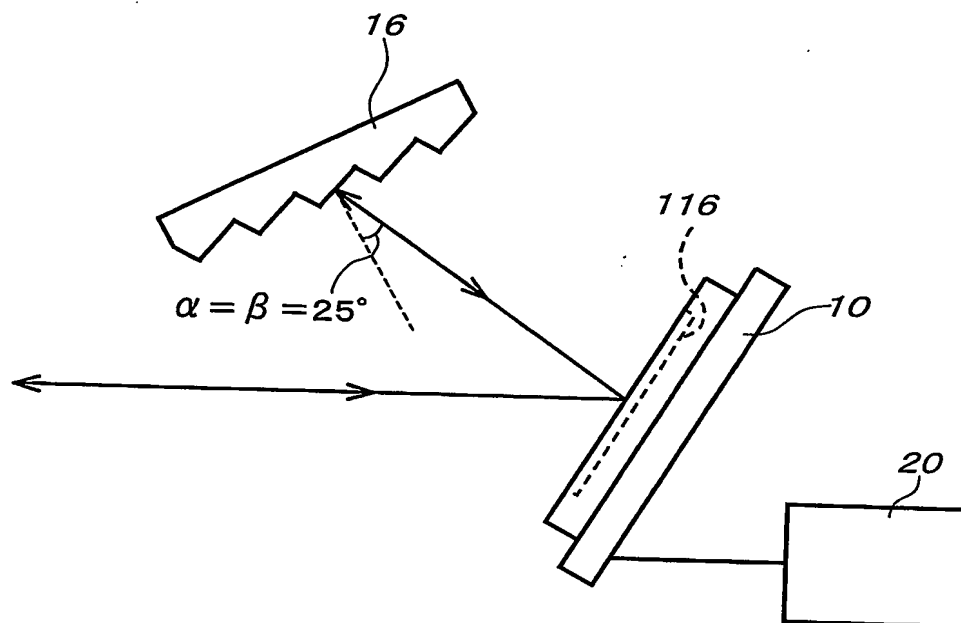
図3



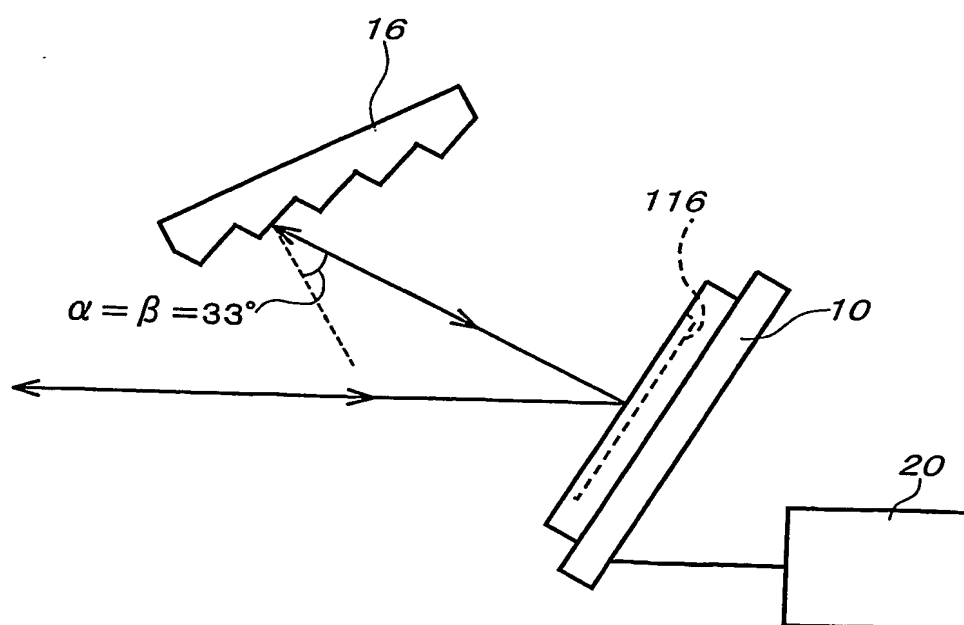
4/14

图4

(a)



(b)



5/14

図5

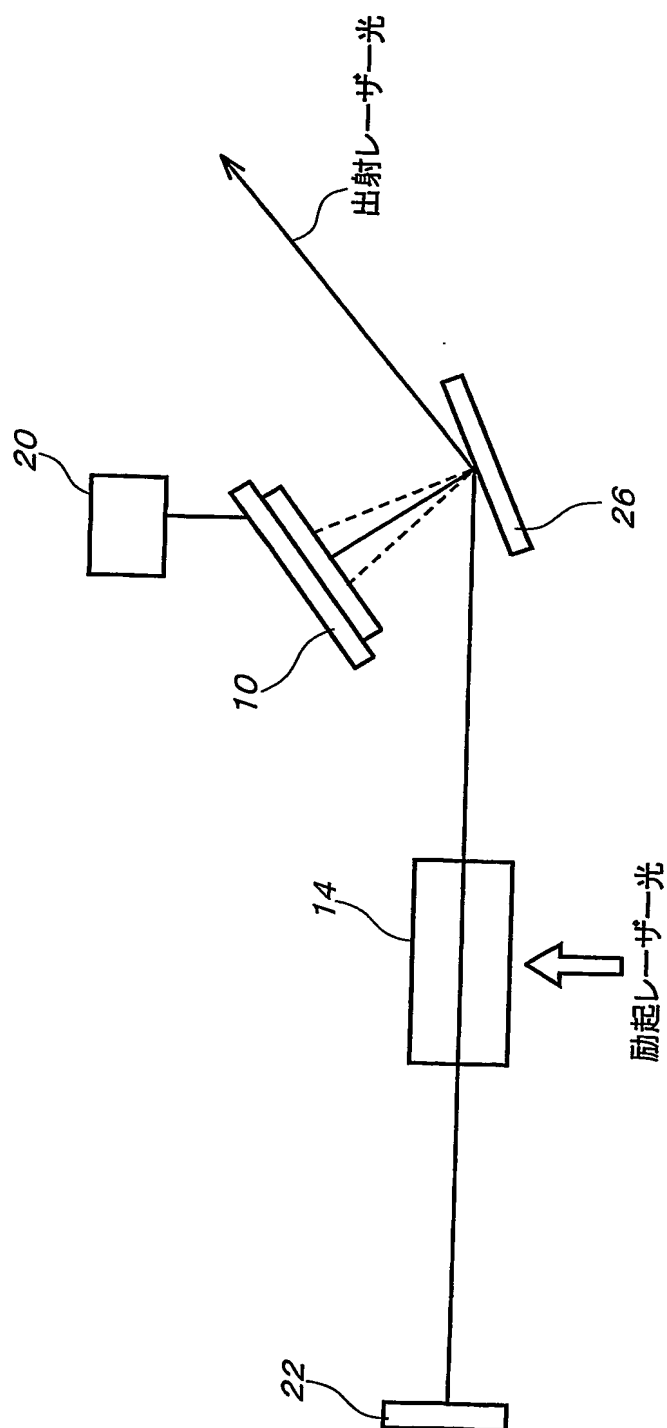


図6

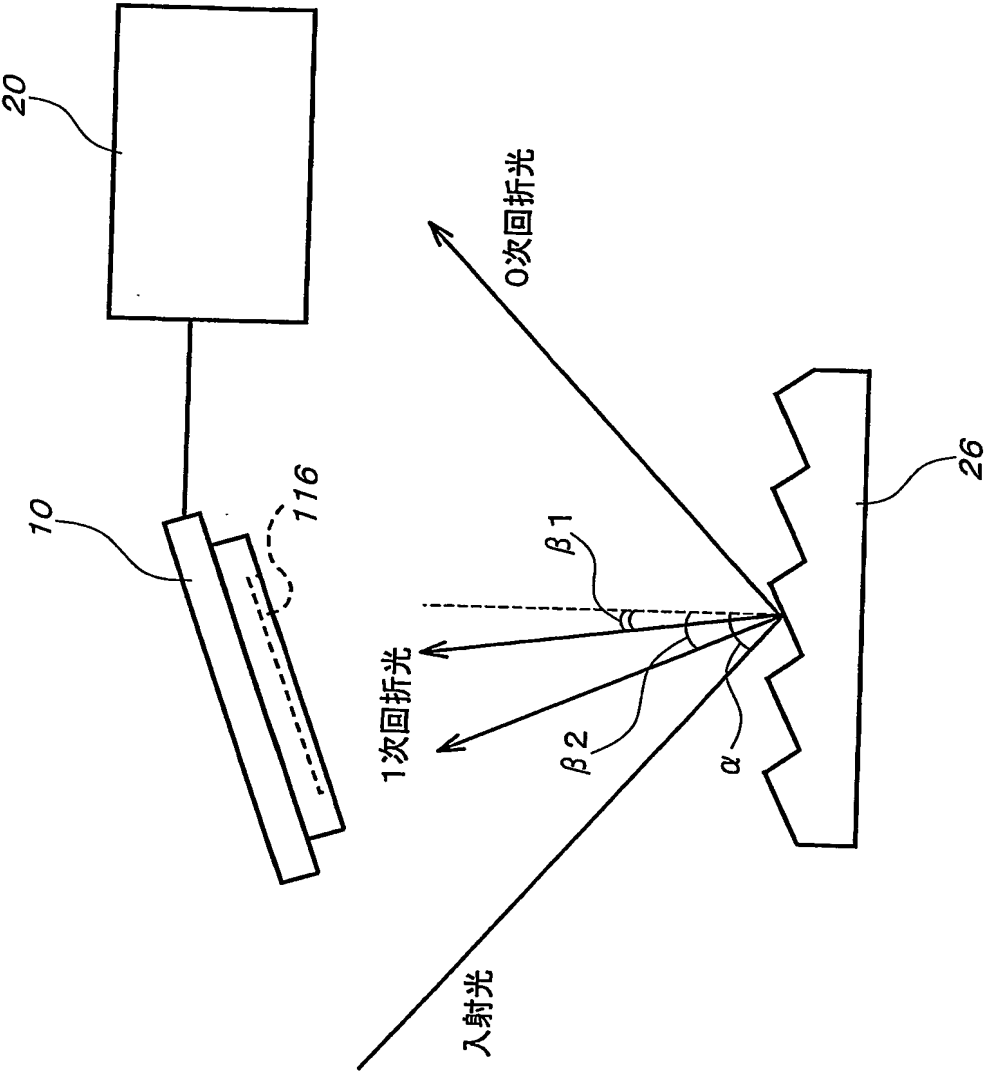
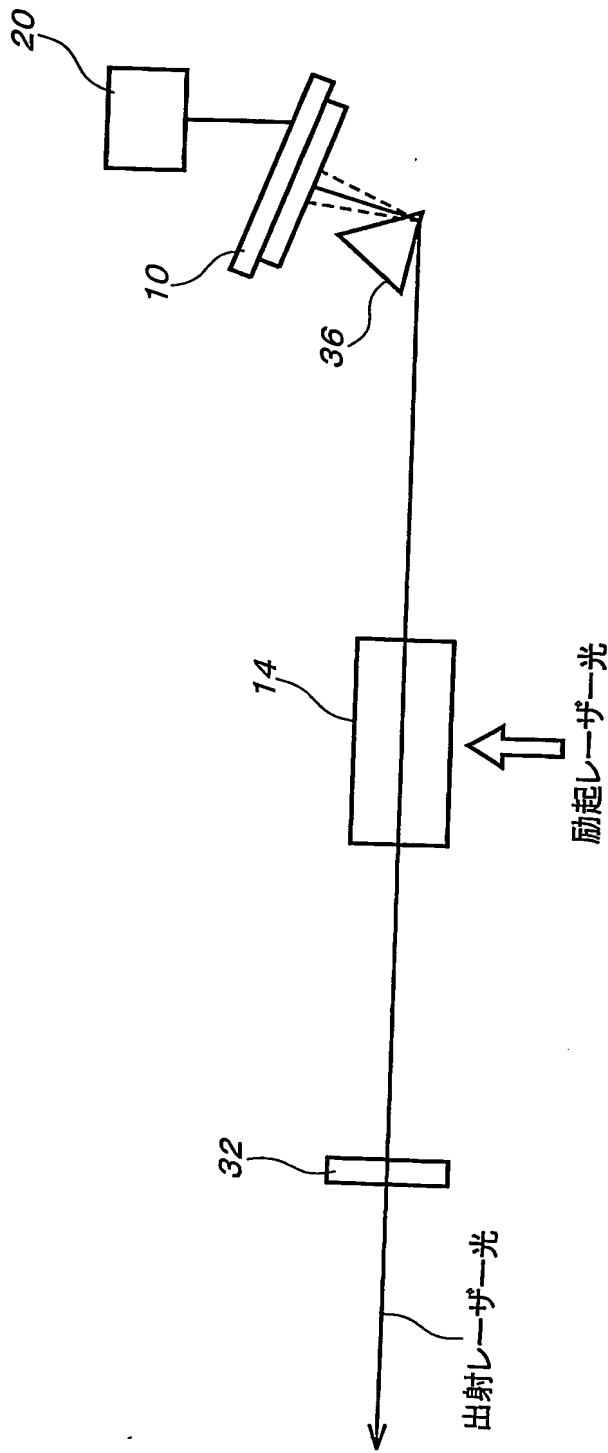
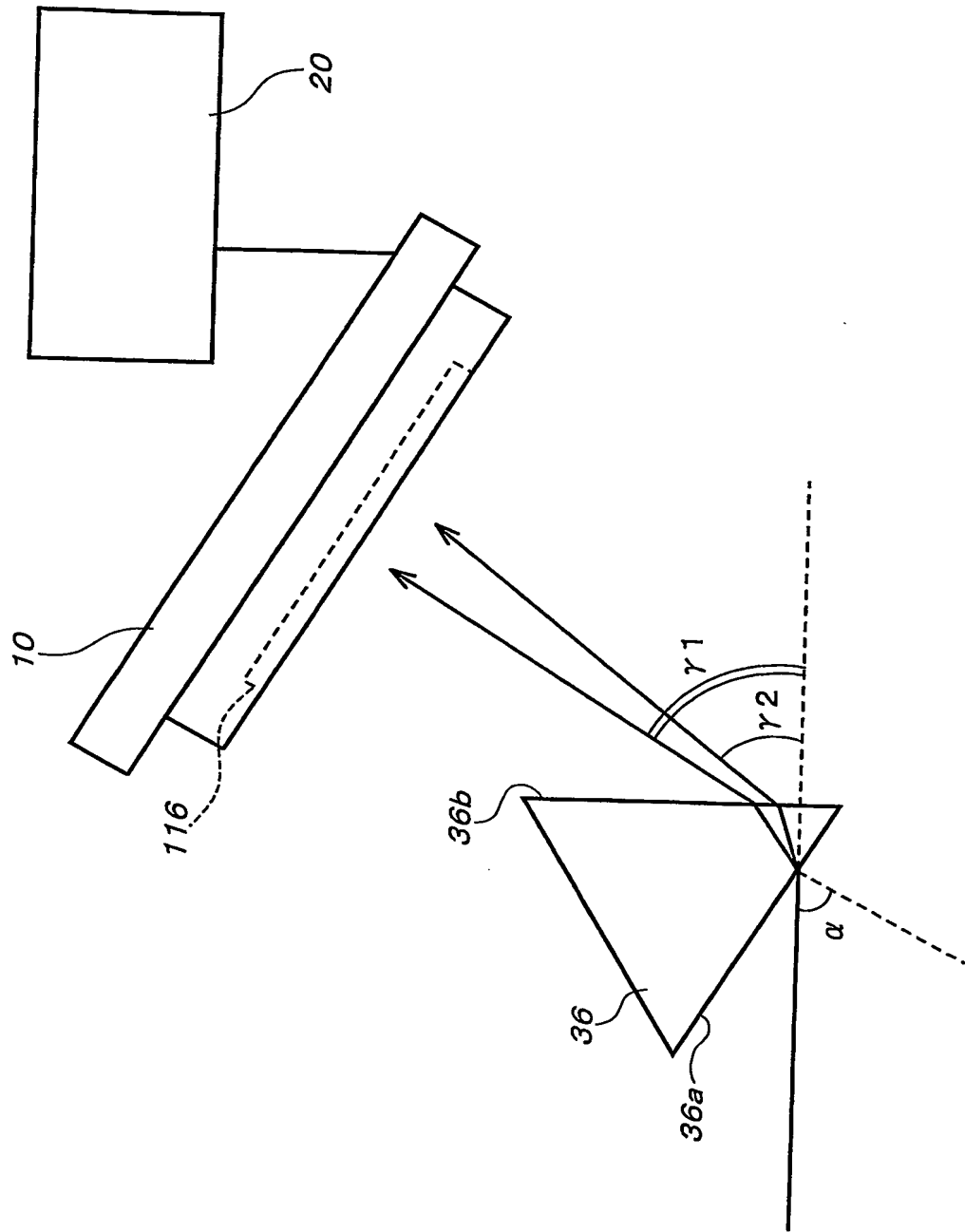


図7



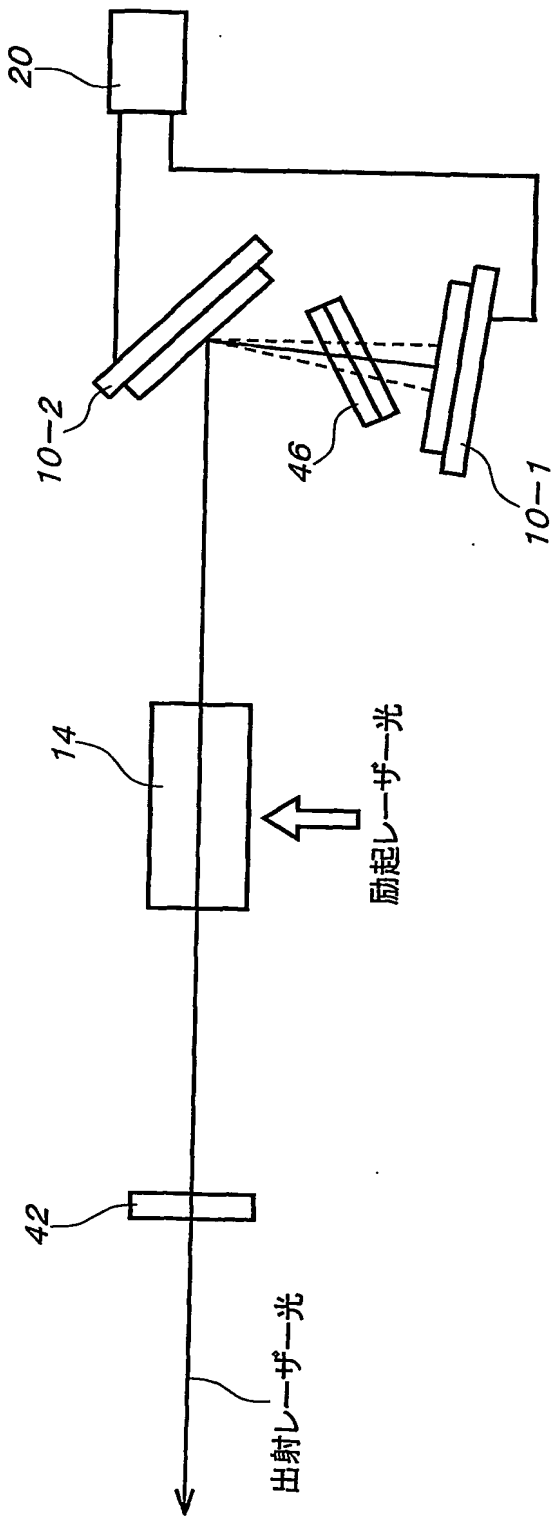
8/14

8



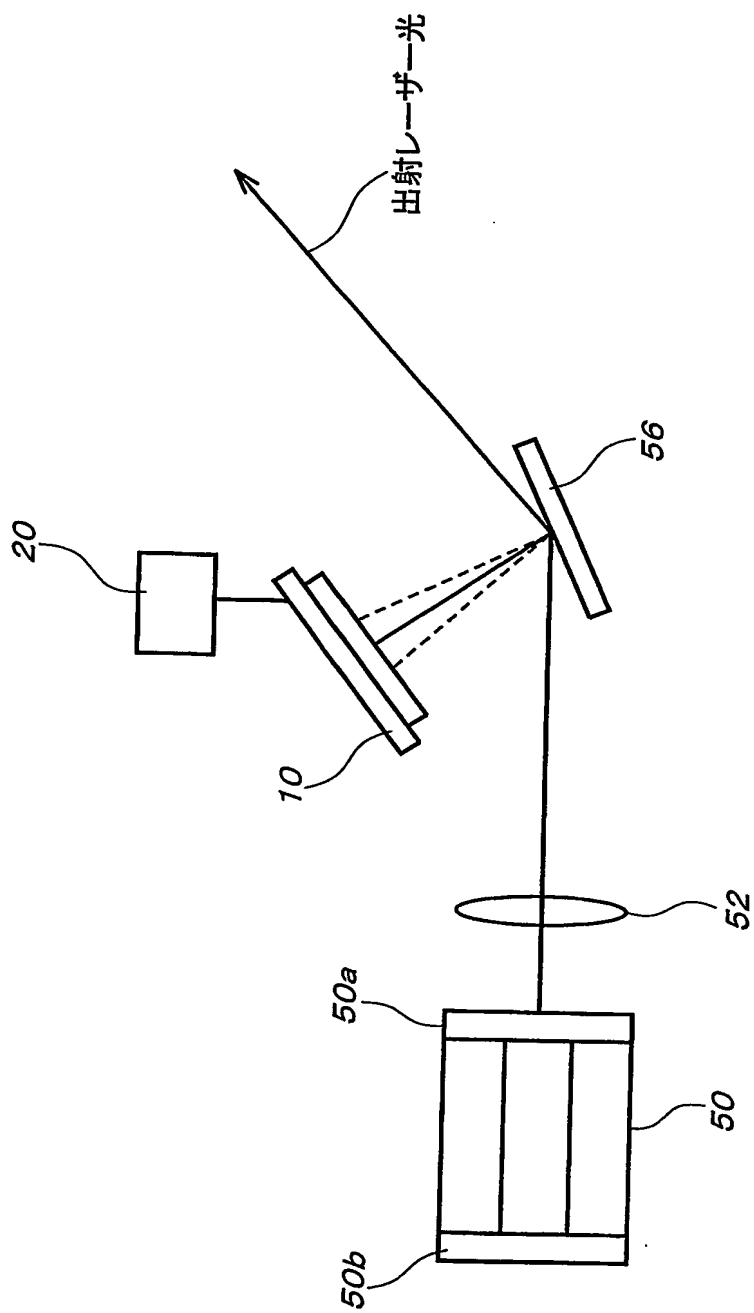
9/14

図9



10/14

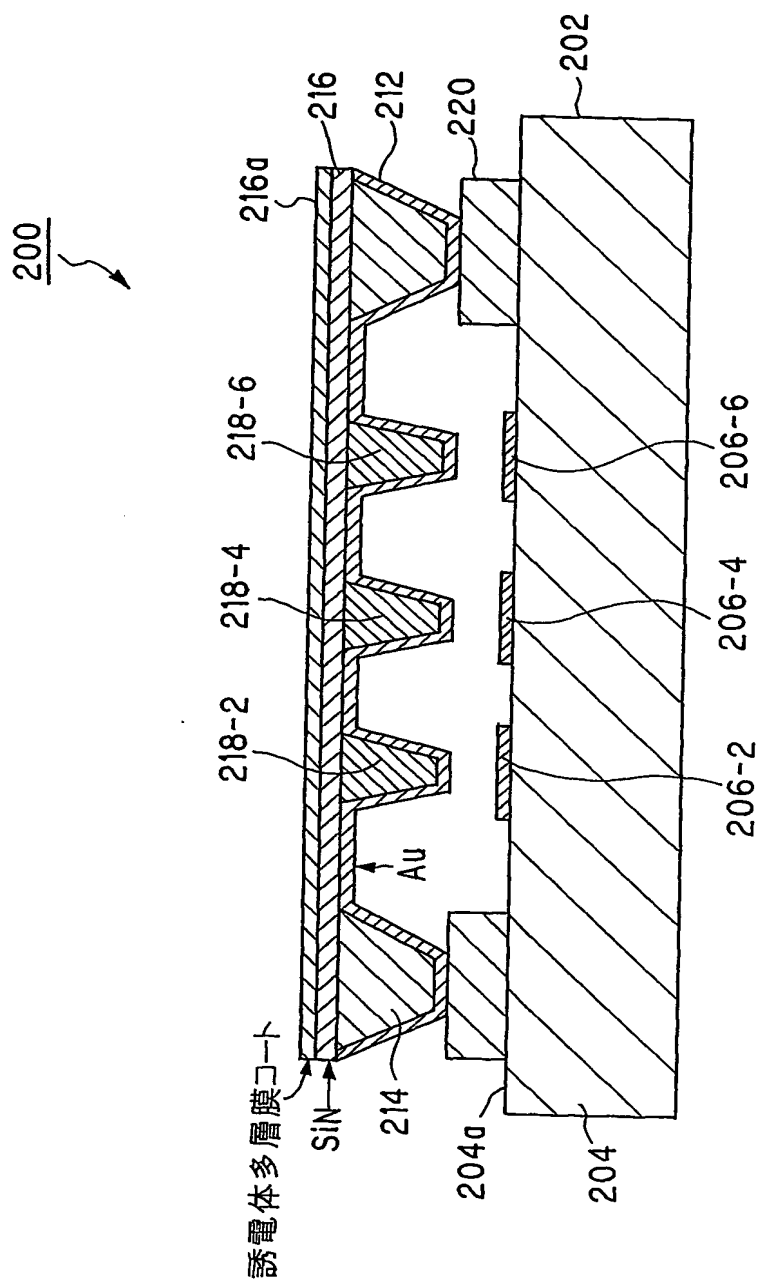
図10





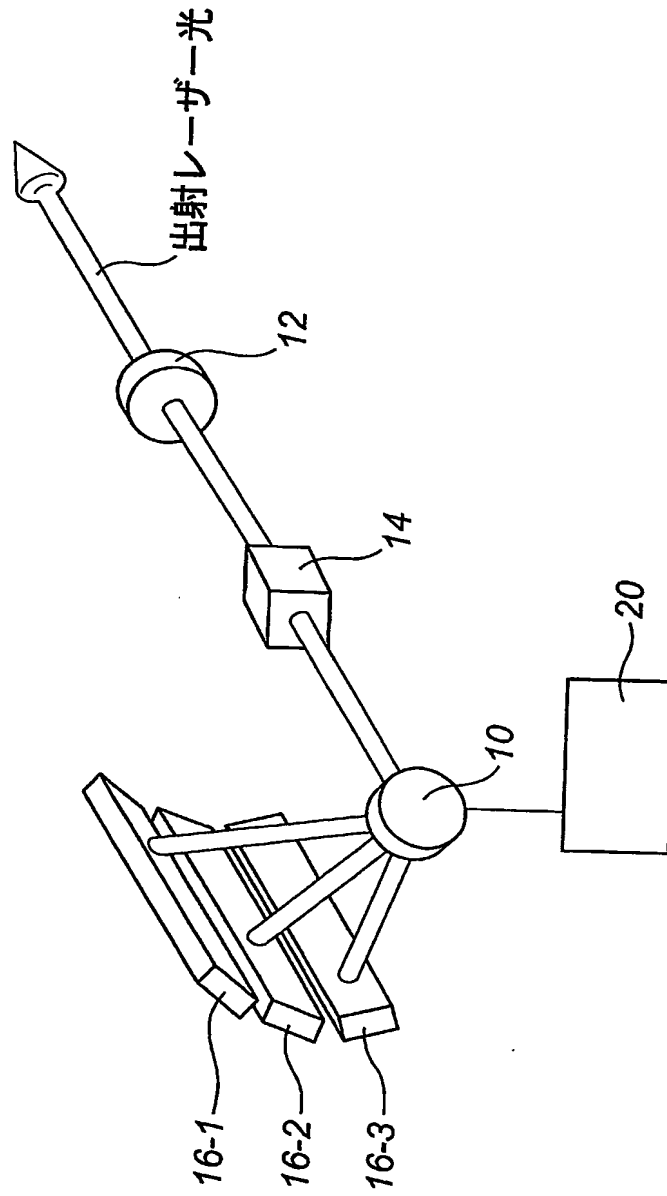


12 図



13/14

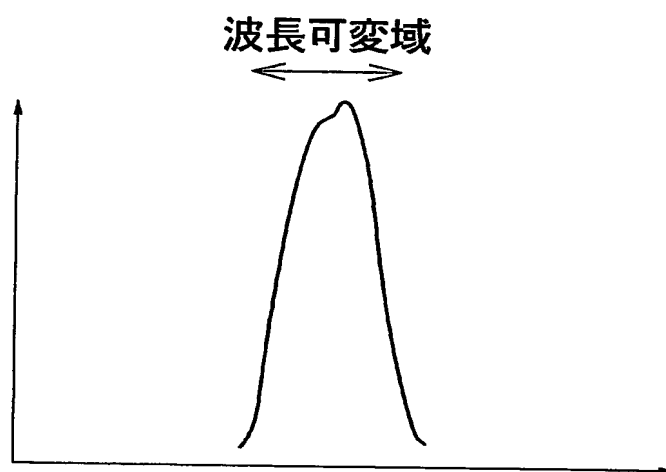
図13



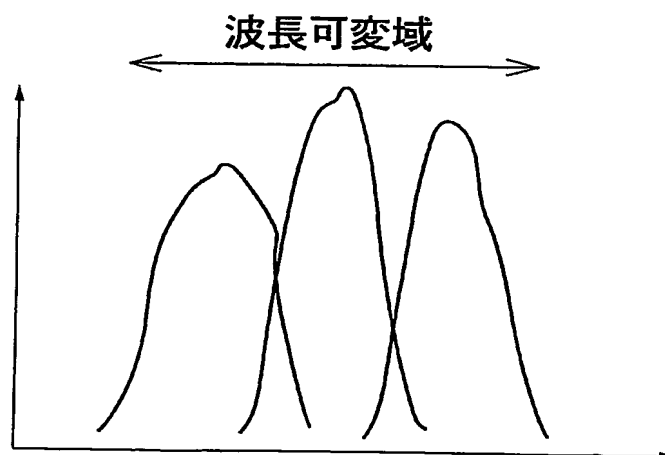
14/14

## 図14

(a) 回折格子が1ヶの場合



(b) 回折格子が3ヶの場合



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15742

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H01S3/105

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H01S3/00-5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI (DIALOG), INSPEC (DIALOG), JOIS (JICST FILE)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2-307285 A (Komatsu Ltd.), 20 December, 1990 (20.12.90), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1, 2, 7
X	JP 5-283785 A (Komatsu Ltd.), 29 October, 1993 (29.10.93), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	1, 2, 7
X	JP 6-104520 A (Komatsu Ltd.), 15 April, 1994 (15.04.94), Par. Nos. [0013] to [0015]; Fig. 2 (Family: none)	1, 2, 7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
02 March, 2004 (08.03.04)Date of mailing of the international search report  
23 March, 2004 (23.03.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/15742

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-214803 A (Komatsu Ltd.), 06 August, 1999 (06.08.99), Par. No. [0041]; Fig. 3 (Family: none)	1,2,7
X	WO 01/18922 A1 (CYMER, INC.), 15 March, 2001 (15.03.01), Full text; Figs. 1, 2, 6, 9 to 11 & JP 2001-168440 A	1,2,7
X	WO 01/59889 A1 (CYMER, INC.), 16 August, 2001 (16.08.01), Full text; Figs. 10, 12 to 14 & JP 2001-267673 A	1,2,7
X	JP 2001-332793 A (Komatsu Ltd.), 30 November, 2001 (30.11.01), Par. No. [0021]; Fig. 1 (Family: none)	1,2,7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15742

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Although claims 1-13 have a common matter that "laser device comprising a laser resonator including an adaptive optics, a laser medium disposed in the laser resonator, and a dispersion element for receiving an output light from the laser medium", our search has found the common matter is disclosed in either one of the following documents and therefore is not clearly novel. Document 1: JP 2-307285 A (Komatsu Ltd.), 20 December, 1990 (20.12.90), Full text; Figs. 1 to 10 (family none).  
(Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1, 2, 7

**Remark on Protest** ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

Document 2: JP 5-283785 A (Komatsu Ltd.), 29 October, 1993 (29.10.93), full text; Figs. 1 to 11 (family none).

Document 3: JP 6-104520 A (Komatsu Ltd.), 15 April, 1994 (15.04.94), Par. Nos. [0013] through [0015], Fig. 2 (family none).

Document 4: JP 11-214803 A (Komatsu Ltd.), 06 August, 1999 (06.08.99), Par. No. [0041]; Fig. 3 (family none).

Document 5: WO 01/18922 A1 (CYMER, INC.) 15 March, 2001 (15.03.01), full text; Figs. 1, 2, 6, 9 to 11 & JP 2001-168440 A.

Document 6: WO 01/59889 A1 (CYMER, INC.) 16 August, 2001 (16.08.01), full text; Figs. 10, 12 to 14 & JP 2001-267673 A.

Document 7: JP 2001-332793 A (Komatsu Ltd.), 30 November, 2001 (30.11.01), Par. No. [0021]; Fig. 1. (Family: none)

Consequently the common matter is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since it makes no contribution over the prior art.

Therefore, there exists no special technical feature common to all the claims 1-13.

Accordingly, it is clear that claims 1-13 do not fulfill the requirement of unity of invention.

The above inventions are classified as:

(1) Claim 1 relates to the above common matter described in either one of the documents 1-7. Claim 2 and claim 7 referring to claim 2 relate to a laser device, or the above common matter, in which an output light from a laser medium enters the mirror of an adaptive optics, a light reflected off the mirror of the adaptive optics enters a grating, and a diffractive light from the grating is reflected off the mirror of the adaptive optics to enter a mirror having a specified transparency, and in this respect, claim 2 and claim 7 referring to claim 2 constitute a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

(2) Claims 3, 6, and claims 7 and 8, 9, 12 referring to claim 3 or 6, and claim 13 referring to either one of claims 8, 9, 12 relate to a laser device, or the above common matter, in which an output light from a laser medium enters a grating, a diffractive light from the grating enters a mirror of an adaptive optics, and a light reflected off the mirror of the adaptive optics is diffracted by the grating to be allowed to reciprocate within a laser resonator, thereby effecting laser oscillation, and in this respect, claims 3, 6, and claims 7 and 8, 9, 12 referring to claim 3 or 6, and claim 13 referring to either one of claims 8, 9, 12 constitute a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

(3) Claim 4, and claims 7 and 10 referring to claim 4, and claim 13 referring to claims 10 relate to a laser device, or the above common matter, in which an output light from a laser medium enters a prism, a light spectrally separated by the prism enters the mirror of an adaptive optics, and a light reflected off the mirror of the adaptive optics is allowed to reciprocate within a laser resonator, thereby effecting laser oscillation, and in this respect, claim 4, and claims 7 and 10 referring to claim 4, and claim 13 referring to claims 10 constitute a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.



Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

(4) Claims 5, 11 and claim 13 referring to claim 11 relate to a laser device, or the above common matter, in which an output light from a laser medium enters the mirror of a first adaptive optics, a light reflected off the mirror of the first adaptive optics enters a double refraction filter, a light passed through the double refraction filter enters the mirror of a second adaptive optics, and a light reflected off the mirror of a second adaptive optics is allowed to reciprocate within a laser resonator, thereby effecting laser oscillation, and in this respect, Claims 5, 11 and claim 13 referring to claim 11 constitute a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

Accordingly, the number of inventions in this international application is four.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S3/105

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S3/00-5/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI (DIALOG), INSPEC (DIALOG), JOIS (JICSTファイル)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2-307285 A (株式会社小松製作所) 1990. 12. 20 全文, 第1-10図 (ファミリーなし)	1, 2, 7
X	JP 5-283785 A (株式会社小松製作所) 1993. 10. 29 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)	1, 2, 7
X	JP 6-104520 A (株式会社小松製作所) 1994. 04. 15 段落番号【0013】-【0015】, 第2図 (ファミリーなし)	1, 2, 7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 03. 2004

国際調査報告の発送日

23. 3. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高 芳徳

2K

9813

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 11-214803 A (株式会社小松製作所) 1999.08.06 段落番号【0041】 , 第3図 (ファミリーなし)	1, 2, 7
X	WO 01/18922 A1 (CYMER, INC.) 2001.03.15 全文, 第1, 2, 6, 9-11図 & JP 2001-168440 A	1, 2, 7
X	WO 01/59889 A1 (CYMER, INC.) 2001.08.16 全文, 第10, 12-14図 & JP 2001-267673 A	1, 2, 7
X	JP 2001-332793 A (株式会社小松製作所) 2001.11.30 段落番号【0021】 , 第1図 (ファミリーなし)	1, 2, 7

## 第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

## 第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲 1-13 は「アダプティブオプティクスを有して構成されるレーザー共振器と、前記レーザー共振器内に配設されたレーザー媒質と、前記レーザー媒質からの出射光が入射される分散素子とを有するレーザー装置」という共通の事項を有している。しかしながら、調査の結果、前記共通の事項は、

文献 1 : JP 2-307285 A (株式会社小松製作所) 1990. 12. 20 全文, 第 1-10 図 (ファミリーなし)  
文献 2 : JP 5-283785 A (株式会社小松製作所) 1993. 10. 29 全文, 第 1-11 図 (ファミリーなし)  
文献 3 : JP 6-104520 A (株式会社小松製作所) 1994. 04. 15 段落番号 【0013】 - 【0015】 , 第 2 図 (ファミリーなし)

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲 1, 2, 7

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

## (第1ページの続葉(1) 第II欄の続き)

文献4: JP 11-214803 A (株式会社小松製作所) 1999.08.06 段落番号【0041】, 第3図  
(ファミリーなし)

文献5: WO 01/18922 A1 (CYMER, INC.) 2001.03.15 全文, 第1, 2, 6, 9-11図 & JP 2001-168440 A

文献6: WO 01/59889 A1 (CYMER, INC.) 2001.08.16 全文, 第10, 12-14図 & JP 2001-267673 A

文献7: JP 2001-332793 A (株式会社小松製作所) 2001.11.30 段落番号【0021】, 第1図  
(ファミリーなし)

のいずれかに開示されていることから、新規でないことが明らかになった。

前記共通の事項は先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味における特別な技術的事項ではない。

それ故、請求の範囲1-13の全てに共通の特別な技術的事項はない。

従って、請求の範囲1-13は、発明の単一性を満たしていないことが明らかである。

そこで、発明の区分を行うに、

(1) 請求の範囲1は、文献1~7のいずれかに記載された前記共通の事項である。請求の範囲2, 並びに2を引用する7は、前記共通の事項であるレーザー装置において、レーザー媒質からの出射光がアダプティブオプティクスミラーに入射し、アダプティブオプティクスミラーによって反射された光がグレーティングに入射され、グレーティングの回折光がアダプティブオプティクスミラーによって反射されて、所定の透過性を有するミラーに入射する、というものであり、この点において、請求の範囲2, 並びに2を引用する7は、単一の一般的発明概念を形成するように関連している一群の発明である。

(2) 請求の範囲3, 6, 並びに、3若しくは6を引用する7, 並びに、8, 9, 12, 並びに、8, 9, 12のいずれかを引用する13は、前記共通の事項であるレーザー装置において、レーザー媒質からの出射光がグレーティングに入射し、グレーティングの回折光がアダプティブオプティクスミラーに入射し、アダプティブオプティクスミラーによって反射された光が前記グレーティングによって回折されて、レーザー共振器内を往復することによりレーザー発振する、というものであり、この点において、請求の範囲3, 6, 並びに、3若しくは6を引用する7, 並びに、8, 9, 12, 並びに、8, 9, 12のいずれかを引用する13は、単一の一般的発明概念を形成するように関連している一群の発明である。

(3) 請求の範囲4, 並びに、4を引用する7, 並びに、10, 並びに、10を引用する13は、前記共通の事項であるレーザー装置において、レーザー媒質からの出射光がプリズムに入射し、プリズムによって分光された光がアダプティブオプティクスミラーに入射し、アダプティブオプティクスミラーによって反射された光がレーザー共振器内を往復することによりレーザー発振する、というものであり、この点において、請求の範囲4, 並びに、4を引用する7, 並びに、10, 並びに、10を引用する13は、単一の一般的発明概念を形成するように関連している一群の発明である。

(4) 請求の範囲5, 11, 並びに、11を引用する13は、前記共通の事項であるレーザー装置において、レーザー媒質からの出射光が第1のアダプティブオプティクスミラーに入射し、第1のアダプティブオプティクスミラーによって反射された光が複屈折フィルターに入射し、複屈折フィルターを透過した光が第2のアダプティブオプティクスミラーに入射し、第2のアダプティブオプティクスミラーによって反射された光がレーザー共振器内を往復することによりレーザー発振する、というものであり、この点において、請求の範囲5, 11, 並びに、11を引用する13は、単一の一般的発明概念を形成するように関連している一群の発明である。

従って、この国際出願の発明の数は、4であるものと認定する。